



Оглавление

Перечень таблиц – Ориентировочные режимы резания. 653
 Точение и накатка рифлений 654
 Обзор инструментов для точения 655
 Пластины НРС и МТС для токарных резцов 655

1 Способы обработки точением 656

2 Параметры резания и стружкообразования при обработке точением 657

3 Силы и потребляемая мощность при обработке точением 658

4 Расчёт основного машинного времени при обработке точением 659

4.1 Основное машинное время при продольном точении 659
 4.2 Основное машинное время при торцевом точении 660

5 Токарные инструменты 661

5.1 Цельные токарные инструменты 661
 5.1.1 Токарные резцы из быстрорежущей стали 661
 5.1.2 Токарные резцы с твердосплавными напайными пластинами 661
 5.1.3 Форма рабочей части резца 661
 5.2 Державки для СМП и сменные многогранные пластины (СМП) 662
 5.2.1 Державки для СМП 662
 5.2.2 Сменные многогранные пластины 664
 5.2.3 Стружколомы и стружкоотводные ступеньки 668

6 Растачивание 671

7 Обработка отрезными и прорезными резцами 672

8 Чистовое точение с использованием сменных многогранных пластин 673

9 Токарно-сверлильный инструмент GARANT «5 в 1» 674

10 Чистовое точение сменными цельнотвердосплавными резцами (Komet UniTurn) 675

11 Решение проблем 676

11.1 Решение проблем при обработке точением 676
 11.2 Решение проблем при обработке канавочными и отрезными резцами 677

12 Применение токарных инструментов GARANT 678

12.1 Обработка нержавеющей сталей 678
 12.2 Обработка прорезными резцами 679
 12.3 Чистовое точение 680

13 Накатывание рифлений 681

13.1 Стандарты накаток и накатных профилей 681
 13.2 Выбор материала накаток 683
 13.3 Способы накатывания рифлений 685
 13.3.1 Формирование рифлений (обработка давлением) 687
 13.3.2 Фрезерование рифлений 689
 13.4 Руководства по эксплуатации фрезеровальных накаток 690
 13.5 Руководство по эксплуатации накатного инструмента с ClickPin 700

14 Ориентировочные режимы резания, точение и накатывание 701

Перечень таблиц – Ориентировочные режимы резания. Точение и накатка рифлений

Способ обработки точением	Обработка		№ табл.	С.
Токарная обработка 0°	CNM..	Твёрдый сплав, кермет	9.9	702
	DNMG	Твёрдый сплав, кермет	9.10	704
	KNUX	Твёрдый сплав	9.11	706
	SNMG	Твёрдый сплав	9.12	708
	VNMG	Твёрдый сплав, кермет	9.13	709
	TNMG	Твёрдый сплав	9.14	710
	WNMG	Твёрдый сплав, кермет	9.15	712
	CNMA, DNMA, VNMA	КНБ	9.16	714
	CNGN, DNGN, SNGN, TNGN	Керамика	9.17	716
Токарная обработка 7°	CC.T	Твёрдый сплав, кермет	9.18	718
	DC.T	Твёрдый сплав, кермет	9.19	720
	SC.T	Твёрдый сплав	9.20	722
	TC.T	Твёрдый сплав, кермет	9.21	724
	VC.T	Твёрдый сплав, кермет	9.22	726
	CCMW, DCMW	КНБ	9.23	728
Резцы GARANT для чистового точения с использованием СМП 7° / 11° / 15°			9.24	730
Чистовое точение сменными цельнотвердосплавными резцами Komet UniTurn			9.25	732
Отрезка			9.27	736
Накатывание рифлений – обработка давлением			9.28	738
Фрезерование рифлений – обработка резанием			9.29	740

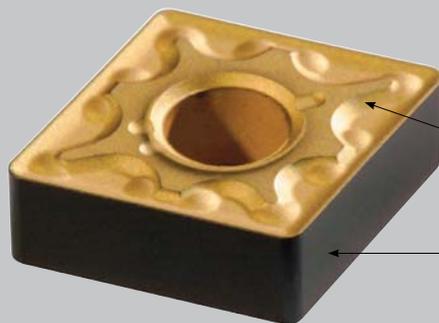
Вид обработки	№ табл.	С.
Растачивание (см. главу «Сверление»)	3.46	282
	3.47	284
	3.48	286
	3.49	288
	3.50	290
Нарезание резьбы резьбовыми резцами (см. главу «Нарезание резьбы»)	4.13	335

Обзор пластин для токарных резцов / отрезных пластин

Garant		HOLEX. SECO		Обзор – токарные СМП / отрезные СМП		Информация	
Код ISO	Артикул №	Код ISO	Артикул №	Код ISO	Артикул №	Код ISO	Артикул №
	CCGT 260220-260496 284220-284232		SCGT 262611-262635		CCMT 260580-261661 263965-264005 284048-284160		SCMT 262636-262651
	CCMW 265290-265450		SNGN 255822-255824		CDCT 268520-268540		SNMG 253911-254036 280601-280636 280681-280686 280780-280785
	CNGN 255800-255804		SNMM 254045-254051 280643-280646 280757		CNMA 255390-255460		TCGT 262660-262736 284580-284592
	CNMG 250180-251774 255365-255377 280121-280173 280230-280234 280250-280275		TCMT 262800-263065 284472-284552		CNMM 251820-252061 280178-280183 280238		TNGN 255830-255834
	DCGT 262020-262186 284237 284380-284388		TNMG 254190-254270 280841-280876 280919-280935		DCMT 262250-262610 264015-264045 284241-284362		TNMM 280883-280885
	DCMW 265490-265587		T.. Нарезание резьбы резцом 60° метр. полный профиль 270700-270730 270750-270776 60° метр. неполный проф. 270740-270749 270790-270797 55° полный профиль 270800-270805 270820-270834 55° неполный профиль 270810-270815 270840-270847 Трапец. резьба полн. проф. 270850-270884		DNGN 255810-255814		T.. Профильное точение для стопорных колец DIN 471/472, для колец круглого сечения DIN 7993 271005-271015 271025-271035
	DNMA 255500-255514		VBMT 284624-284649		DNMG 252480-253716 280331-280426 280497-280533		VCMT 263520-263961 264080-264090
	DNMM 280461-280463		VNMA 255695-255720		GCCT 268590-268600		VNMG 254501-254517
	GPCT 268560-268570		WCHX 268910-268962		KNUX 253721-253765		WNMG 254701-255015 255381 281099-281413
	LCGA 277250		X..Отрезные пластины 273100-273210 278000-278120		LCGN 277226-277228 277241-277243		
	LDCF 274010-274730 275910-276080 277200-277215 277230-277235				LCMR 274800-274814 276082-276089		

Пластины HPC и MTC для токарных резцов

HPC для стали



HB 7010 сорт твердого сплава

Специальное 2-компонентное покрытие методом CVD - комбинированное гальваническое покрытие TiN в области стружколома и исключительно износостойкое покрытие Al_2O_3 на задней поверхности для высокопроизводительного резания.

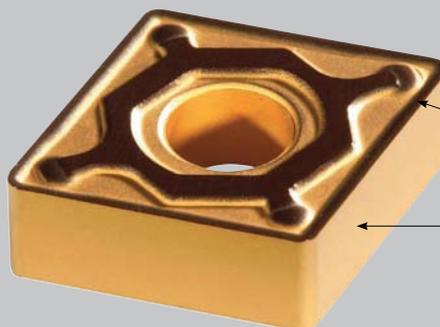
золотой = специальный верхний слой TiN:

- предотвращает нарост на режущей кромке
- устойчивость к истиранию
- оптимальный отвод стружки

тёмный = нанопокрyтие Al_2O_3 :

- дополнительное полирование
- снижение коэффициента трения
- очень высокая износостойкость

HPC для нержавеющей сталей



V4F V4M Стружколом

Специальные стружколомы и специальное многослойное покрытие методом PVD для высокопроизводительного резания нержавеющей и кислотостойких сталей.

тёмный = нанопокрyтие Al_2O_3 :

- высокая твердость
- высокая износостойкость
- оптимальный отвод стружки

золотой = специальный верхний слой TiCN:

- большой период стойкости
- устойчивость к истиранию

MTC для стали и нержавеющей сталей



UNI Стружколом

Очень прочная пластина с большими стружколомами с **положительной геометрией**, которые обеспечивают **очень мягкий рез** и одновременно **снижение силы резания** для снижения вибраций при **нестабильных условиях обработки**.

Нанопокрyтие:

- многослойное, с зацеплением
- высокая износостойкость

Специальная геометрия:

- мягкий рез
- для нестабильных условий обработки

1 Способы обработки точением

В соответствии со стандартом DIN 8589, часть 1, способы обработки точением с точки зрения

- чистоты получаемой поверхности,
- формы инструмента, а также
- кинематики процесса резания

подразделяются следующим образом:

- В зависимости от расположения поверхности обработки:
 - наружное точение
 - расточивание
- В зависимости от характера обрабатываемой поверхности:
 - обтачивание цилиндрических поверхностей
 - торцевое точение
 - обработка отверстий
 - обработка эксцентрических тел вращения
 - обработка профилей
 - обработка фасонных поверхностей
- В зависимости от направления подачи:
 - продольное точение
 - поперечное точение

Кроме этого в зависимости от чистоты обработки поверхности различают черновое, получистовое, чистовое и тонкое точение. На *рис. 9.1* представлены некоторые способы обработки точением в соответствии со стандартом DIN 8589.

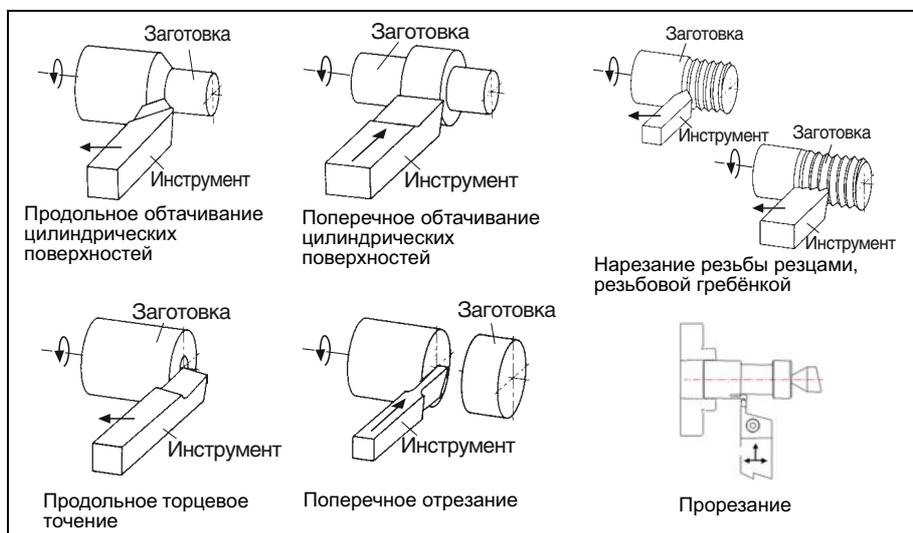


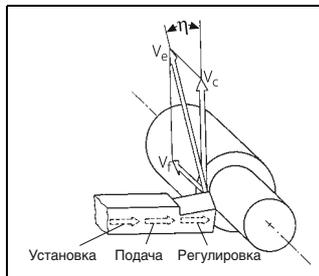
Рис. 9.1 Способы обработки точением (примеры) по стандарту DIN 8589, часть 1

2 Параметры резания и стружкообразования при обработке точением

Скорость резания v_c создаётся за счёт вращения заготовки с частотой n . Скорость резания имеет место в точке режущей кромки, удаленной на $d/2$ от оси обточки. Она по-разному распределяется по всей заготовке. В направлении центра заготовки по мере уменьшения диаметра происходит её снижение (это необходимо учитывать в первую очередь при торцевом точении). Если требуется поддержание постоянной скорости резания, частоту вращения n надлежит соответственно изменить (отрегулировать).

$$v_c = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000}$$

v_c Скорость резания [м/мин] (уравн. 9.1)
 D Диаметр заготовки [мм]
 n Частота вращения [об/мин]



v_c Скорость резания
 v_f Скорость подачи
 v_e Скорость результирующего движения резания
 h Угол скорости резания

Рис. 9.2 Скорости главного движения и движения подачи при обработке точением

Скорость подачи v_f характеризуется следующей зависимостью:

$$v_f = f_z \cdot n$$

v_f Скорость подачи [мм/мин] (уравн. 9.2)
 f Подача [мм/об]
 n Частота вращения [об/мин]

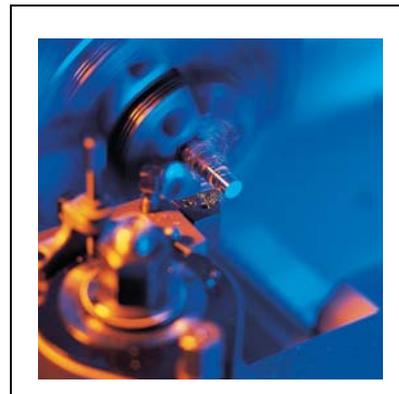


Рис. 9.3 Обработка твёрдых материалов

На *рис. 9.4* показано **поперечное сечение стружки А**. Оно представляет собой поперечное сечение материала, снимаемого за один проход режущего инструмента. При этом логическая связь между регулируемыми параметрами настройки станка (a_p и f) и технологическими параметрами (b и h) определяется углом в плане k (см. также уравн. 3.3–3.5).

$$A = f \cdot a_p = b \cdot h$$

f Подача (уравн. 9.3)
 a_p Глубина резания
 b Ширина стружки
 h Толщина стружки

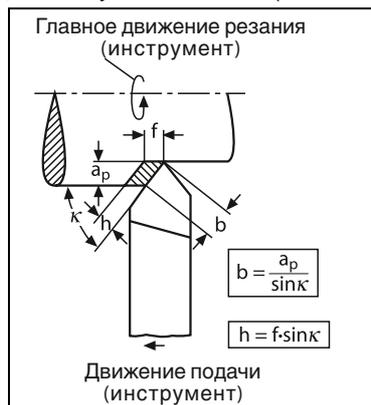


Рис. 9.4 Условия врезания при продольном обтачивании цилиндрической поверхности

Имеют место также следующие зависимости:

$$b = \frac{a_p}{\sin k}$$

b Ширина стружки [мм] (уравн. 9.4)
 a_p Глубина резания [мм]
 k Угол зацепления

$$h = f \cdot \sin k$$

h Толщина стружки [мм] (уравн. 9.5)
 f Подача [мм]

3 Силы и потребляемая мощность при обработке точением

Расчёты силы резания, а также соответствующих критериев мощности представлены в главе «Теоретические основы», раздел 1.4.

4 Расчёт основного машинного времени при обработке точением

Общее уравнение для определения основного машинного времени t_h :

$$t_h = \frac{L \cdot i}{f \cdot n}$$

t_h	Основное машинное время [мин]	
L	Общее перемещение инструмента [мм]	(уравн. 9.6)
i	Число резов	
f	Подача [мм/об]	
n	Частота вращения [об/мин]	

4.1 Основное машинное время при продольном точении

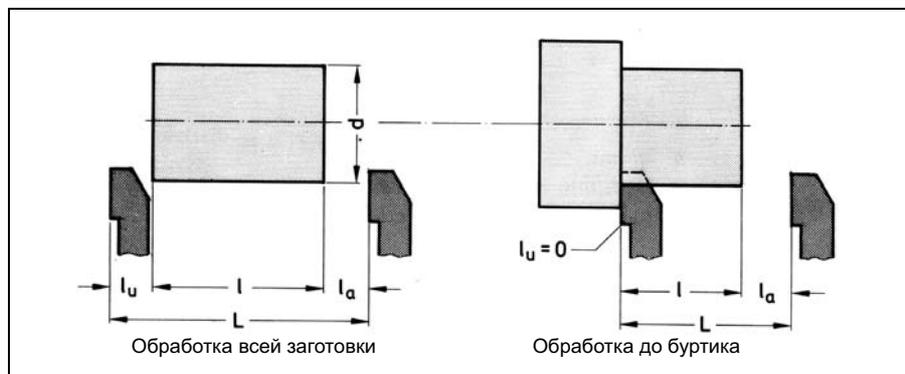


Рис. 9.5 Врезание, перебег и общее перемещение при продольном обтачивании цилиндрической поверхности

Для **общего перемещения L** в данном случае действительно следующее:

$$L = l + l_a + l_u$$

l	Длина заготовки [мм]	
l_a	Врезание [мм]	(уравн. 9.7)
l_u	Длина перебега [мм]	

Действительно:

$$l_a \approx l_u \approx 2 \text{ мм}$$

4.2 Основное машинное время при торцевом точении

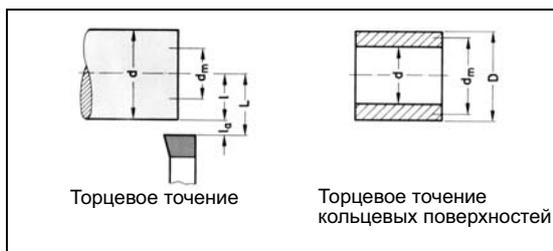


Рис. 9.6
Врезание, общее перемещение и средний диаметр при торцевом точении

Для торцевого точения полнотелых цилиндров:

При $l = \frac{D}{2}$ действительно следующее:

$$L = l_a + l = l_a + \frac{D}{2}$$

- L Общее перемещение инструмента [мм]
 - l Длина заготовки [мм]
 - l_a Врезание [мм]
 - D Наружный диаметр заготовки [мм]
- (уравн. 9.8)

Для торцевого точения кольцевых поверхностей (полых цилиндров):

При $l = \frac{D-d}{2}$ действительно следующее:

$$L = l_a + l + l_u = l_a + \frac{D-d}{2} + l_u$$

- D Наружный диаметр заготовки [мм]
 - d Внутренний диаметр заготовки [мм]
 - l_a Врезание [мм]
 - l_u Длина перебега [мм]
- (уравн. 9.9)

При расчёте частоты вращения n для торцевого точения используется **средний диаметр заготовки d_m** . Следовательно:

для полнотелого цилиндра:

$$d_m = \frac{D}{2}$$

для полого цилиндра:

$$d_m = \frac{D+d}{2}$$

и, таким образом, для **частоты вращения n** :

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{d_m \cdot \pi}$$

- n Частота вращения [об/мин]
 - v_c Скорость резания [м/мин]
 - d_m Средний диаметр заготовки [мм]
- (уравн. 9.10)

5 Токарные инструменты

В данном разделе представлено общее описание токарных инструментов. Сведения о специальных инструментах, например, о прорезных токарных резцах, содержатся в помещенных ниже разделах, посвященных конкретным способам обработки.

5.1 Цельные токарные инструменты

5.1.1 Токарные резцы из быстрорежущей стали

Токарные резцы из быстрорежущей стали являются монолитным инструментом. Они различаются по форме сечения хвостовика и режущей части.

Для наружного точения используются **резцы** квадратного или прямоугольного сечения, для растачивания – цилиндрические или квадратные.

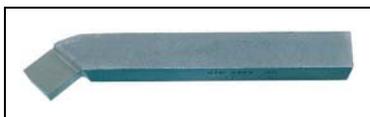


Рис. 9.7
Токарный резец GARANT HSS/E, отогнутый

Форма **режущей части резца** зависит от его назначения – для продольного точения, поперечного торцевого точения, углового растачивания, обрезки, нарезания резьбы, отрезания или растачивания. Для изготовления режущей части используют легированную сталь.

5.1.2 Токарные резцы с твердосплавными напайными пластинами



Резцы с твердосплавными пластинами имеют такую же форму, как и резцы из быстрорежущей стали HSS.

Рис. 9.8 Твердосплавный токарный резец GARANT, прямой

5.1.3 Форма рабочей части резца

В зависимости от положения головки по отношению к стержню резцы делятся на **прямые, отогнутые и оттянутые** (см. рис. 9.9). Ещё одним отличительным признаком является направление, в котором обрабатывают заготовку. Резцы, используемые при движении подачи справа налево, называют **правыми резцами**, так как они обрабатывают правую сторону заготовки (если смотреть на вершину инструмента, главная режущая кромка резца находится справа). На рис. 9.9 показаны основные формы токарных резцов. Соответствующие поперечные сечения стержней определяются стандартом DIN 770.

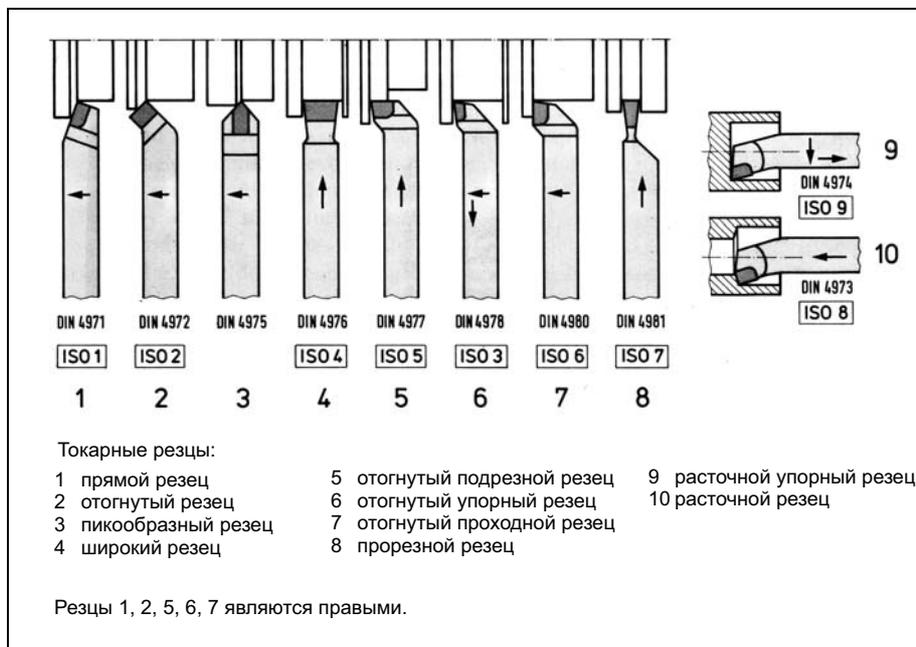


Рис. 9.9 Форма токарных резцов

5.2 Державки для СМП и сменные многогранные пластины

5.2.1 Державки для СМП

В случае обработки при помощи СМП, например, из твёрдого сплава, часто применяются токарные инструменты с державками для крепления режущих пластин. От цельных инструментов они отличаются в основном формой корпуса, который снабжён креплением. Классификация составных инструментов в соответствии со стандартом DIN 4984 осуществляется по основной форме СМП и её геометрическому расположению и, следовательно, по возможному направлению резания. На рис. 9.10 представлена система обозначений токарных и расточных державок согласно стандарту ISO.



Обозначение токарных и расточных державок по ISO

Информация

Токарные державки

P C L N R 25 25 M 16

Система крепления	Форма СМП	Тип инструмента	Задний угол СМП	Направление обработки	Хвостовик (мм) Высота (h) / Ширина (b)	Длина инструмента L (мм)	Длина рабочей части (мм)
C	C	A	B	R	08 08	D	C
D	D	B	C	L	10 10	E	D
M	G	D	D	L	12 12	F	G
P	K	E	E	N	16 16	H	K
S	R	F	F	N	20 20	K	L
	S	G	G		25 25	M	N
	T	H	H		32 32	P	R
	V	J	J		40 40	R	S
	W	K	K		50 50	S	T
		L	L			T	V
		N	N			U	W
		Q	Q				
		S	S				
		T	T				
		U	U				
		V	V				
		X	X				

Расточные державки

A 16 M S C L C R 09

Исполнение хвостовика	7 d (мм)	Длина инструмента L (мм)	Система крепления	Форма СМП	Угол зацепления	Задний угол СМП	Направление обработки	Длина рабочей части (мм)
A	08 8	F	M	C	F	B	R	C
	10 10	H		D	J	C	L	D
	12 12	K		G	K	D		E
C	16 16	M	P	R	L	E		G
	20 20	Q		S	Q	F		H
	25 25	R	S	T	U	G		K
	32 32	S		V	X	H		L
E	40 40	T		W	Z	I		M
	50 50	U				J		N
S		X				K		O

Рис. 9.10 Система обозначений токарных и расточных державок согласно стандарту ISO

5.2.2 Сменные многогранные пластины

За счёт внедрения СМП удалось повысить экономичность использования инструментальных материалов. Пластины могут иметь самую разную форму в зависимости от назначения. На *рис. 9.12* представлена классификация сменных многогранных пластин в соответствии со стандартом ISO (обработка точением и фрезерование).

В поперечном сечении СМП имеют боковые поверхности, расположенные наклонно или перпендикулярно базовой поверхности. Таким образом, режущие пластины имеют разный задний угол α . При перпендикулярных боковых поверхностях задний угол α равен 0° . Такие режущие пластины для обеспечения благоприятных параметров резания должны вставляться в державку наклонно, чтобы на главной и вспомогательной режущих кромках получился положительный задний угол (см. *рис. 9.11*)

При правильной геометрии инструмента одновременно получаются отрицательный передний угол γ и отрицательный угол уклона λ . Задний угол α на главной режущей кромке и осевой задний угол α_n на вспомогательной режущей кромке являются положительными за счёт наклонного крепления СМП.

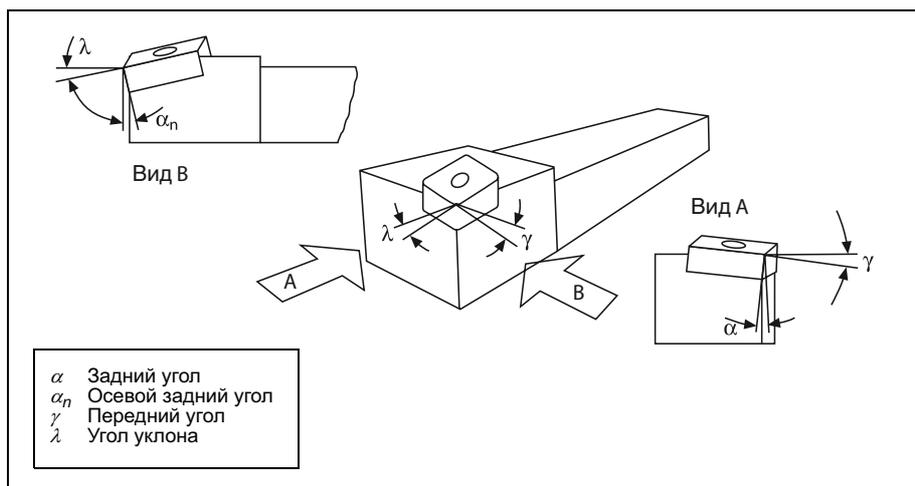


Рис. 9.11 Державки для получения отрицательного переднего угла и отрицательного угла уклона

5.2.2.1 Система обозначений СМП по ISO

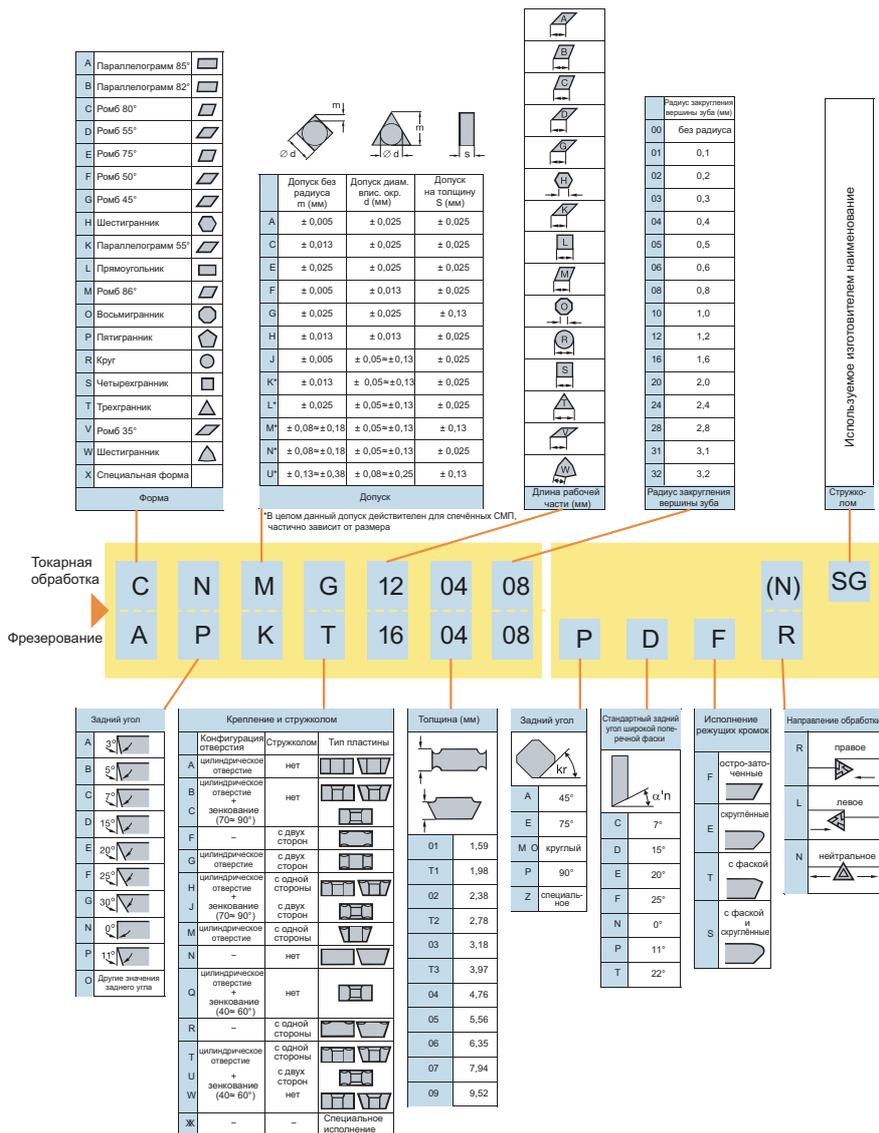


Рис. 9.12 Классификация СМП в соответствии со стандартом ISO (обработка точением и фрезерование)

5.2.2.2 Размер СМП

Форма и размер СМП (и, следовательно, также максимально возможная глубина резания) определяются выбором державки для СМП. В помещенной ниже таблице представлены данные зависимости.

Форма пластины	Размер СМП	Макс. глубина резания a (мм)															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
C 	04	█															
	06	█	█														
	09	█	█	█													
	12	█	█	█	█												
	16	█	█	█	█	█											
	19	█	█	█	█	█	█										
	25	█	█	█	█	█	█	█									
D 	07	█	█														
	11	█	█	█													
	15	█	█	█	█												
R 	06	█	█														
	08	█	█	█													
	10	█	█	█	█												
	12	█	█	█	█	█											
	15	█	█	█	█	█	█										
	16	█	█	█	█	█	█										
	19	█	█	█	█	█	█	█									
	20	█	█	█	█	█	█	█	█								
	25	█	█	█	█	█	█	█	█	█							
	32	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█						
S 	09	█	█	█													
	12	█	█	█	█												
	15	█	█	█	█	█											
	19	█	█	█	█	█	█										
	25	█	█	█	█	█	█	█									
	31	█	█	█	█	█	█	█	█								
	38	█	█	█	█	█	█	█	█	█							
T 	06	█	█														
	11	█	█	█													
	16	█	█	█	█												
	22	█	█	█	█	█											
	27	█	█	█	█	█	█										
	33	█	█	█	█	█	█	█									
V 	11	█	█														
	16	█	█	█													
	22	█	█	█	█												
W 	06	█	█														
	08	█	█	█													

Таблица 9.1 Зависимость между формой СМП, размером СМП и максимальной глубиной резания

Подача выбирается в зависимости от радиуса при вершине сменной пластины. Ниже приводятся значения подачи на оборот для различных значений радиуса. Как правило подача при черновой обработке должна быть в два раза меньше величины радиуса.

Радиус при вершине	Диапазон подачи
0,2 мм	$f = 0,05 \dots 0,15$ мм/об
0,4 мм	$f = 0,12 \dots 0,25$ мм/об
0,8 мм	$f = 0,25 \dots 0,5$ мм/об
1,2 мм	$f = 0,36 \dots 0,7$ мм/об
1,6 мм	$f = 0,5 \dots 1,0$ мм/об
2,4 мм	$f = 0,7 \dots 1,6$ мм/об

Таблица 9.2 Значения подачи при разных радиусах при вершине

Меняя радиус при вершине, можно влиять на шероховатость обработанной поверхности. Основные зависимости между шероховатостью поверхности и радиусом при вершине рассмотрены в главе «Теоретические основы», раздел 1.5.

5.2.2.3 Зачистные СМП (Wiper)

Зачистные СМП Wiper (см. рис. 9.13) предназначены только для обработки при небольшой глубине резания. При соблюдении данного условия они обладают следующими преимуществами по сравнению с СМП стандартной геометрии:

- снижение степени шероховатости поверхности при величине подачи от нормальной до высокой
- во многих случаях не требуется дополнительное шлифование

В левой части рисунка 9.13 сравнение профилей и характер резания зачистной СМП Wiper и СМП стандартной геометрии. На диаграмме представлено снижение степени шероховатости поверхности при использовании зачистной СМП Wiper для обработки стали точением (CNMG120408, твёрдый сплав с покрытием CVD, угол в плане $k = 95^\circ$, глубина резания $a_p = 1$ мм).

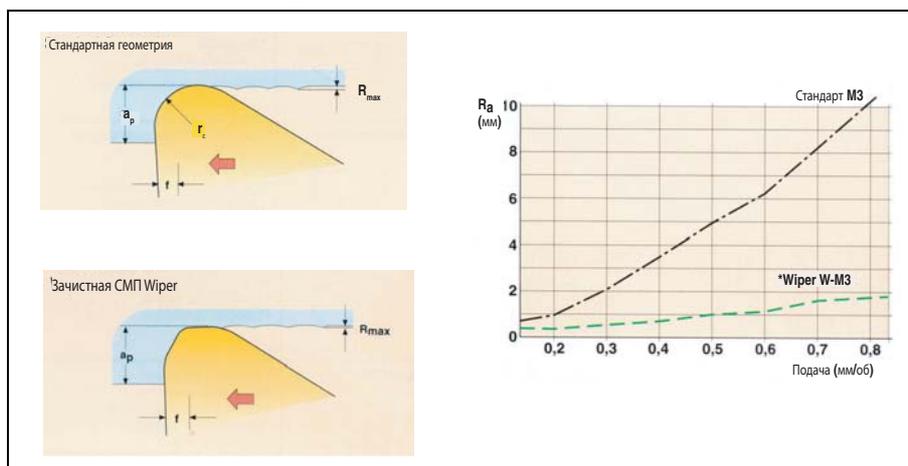


Рис. 9.13 Снижение степени шероховатости поверхности за счёт применения СМП зачистной СМП Wiper

5.2.3 Стружколомы и стружкоотводные ступеньки

При обработке, в особенности при растачивании, требуется получение мелкой, загнутой стружки. Она легко отводится и создает нагрузку на режущую кромку в допустимых пределах. Однако жёсткий **стружколомный режим**, т. е. получение мелкой стружки, может стать причиной усиленных вибраций токарного резца. В случае образования длинной стружки могут возникнуть проблемы с её удалением (см. также главу «Теоретические основы», раздел 1.1). На стружколомные характеристики могут оказывать влияние различные факторы, в частности:

- геометрия пластины,
- радиус при вершине r_{ε} ,
- угол в плане k ,
- глубина резания a_p ,
- подача f и
- скорость резания v_c .

Радиус кривизны стружки зависит от формы **стружколома**, причём функцию дополнительных стружколомов могут выполнять лунки износа и наросты на режущей кромке (см. также главу «Теоретические основы», раздел 1.1). Направление отвода стружки и интенсивность её спирального вращения определяются углом в плане k или комбинацией глубины резания a_p и радиуса при вершине r_{ε} .

Назначение стружкоотводных ступенек состоит в том, чтобы оказывать влияние на форму и процесс отвода стружки с целью создания оптимальных условий резания для инструмента и заготовки. При этом стружкоотводные ступеньки могут иметь разные углы наклона (параллельно главной режущей кромке или под углом к ней – см. рис. 9.14).

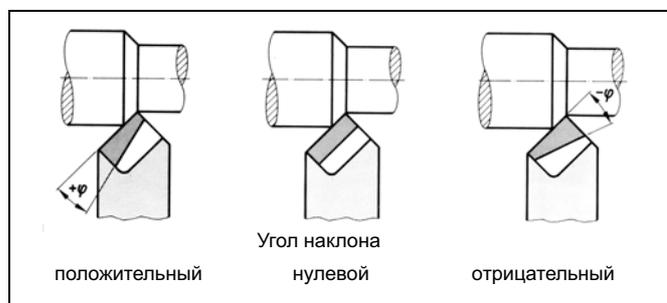


Рис. 9.14 Варианты углов наклона стружкоотводных ступенек

Положительные углы наклона (рис. 9.14 слева) используются при чистовой обточке, поскольку обеспечивают отвод стружки от поверхности заготовки. Благодаря этому не повреждается обработанная поверхность. Однако недостаток заключается в том, что затрудняется ломка стружки.

Параллельную стружкоотводную ступеньку (**угол наклона равен нулю** – рис. 9.14 в центре) изготовить легко, однако стружка при этом направляется к поверхности резания и может повредить её.

Отрицательные углы наклона (рис. 9.14 справа) используются для черновой обработки. Стружка ломается легче, при этом, поскольку чистота обработки поверхности при обдирке играет второстепенную роль, допускается образование царапин на вращающейся поверхности в результате отвода стружки в направлении заготовки.

В случае использования державок с СМП, в зависимости от глубины резания и подачи, а также обрабатываемого материала, на режущих пластинах формируется **стружколомный профиль** различной геометрии. Для быстрого и правильного выбора оптимальной геометрии стружколома служат представленные ниже таблицы (рис. 9.15).

Обзор: Области применения марок и геометрии сменных пластин GARANT.

Материал:	Алюминий		Чугун		P		M		H		K		S		Ti		C(B)		CuZn		Графит		универсальное
	Термоп. <9222>	Алюминий	Алюминий	Чугун >10% Si	<500 N	<750 N	<900 N	<1100 N	<1400 N	<55 HRC	<60 HRC	<67 HRC	Нерж. сталь <900 N	Нерж. сталь >900 N	>850 N								
HB7405-	N	N	N	P	P	P	P	P	H	H	H	M	M	S	K				N	N			
HB7005-				SS-SG	SS-SG	SS-SG	SS-SG	SM											GM				
HB7010-				SM	SM	SM	SM	SF-SR											GM				
HB7010-				SF-SR	SF-SR	SF-SR	SF-SR	R1-L2															
HB7010-				R1-L2	R1-L2	R1-L2	R1-L2	R1-L2															
HB7025-				R/L	R/L	R/L	R/L	R/L											R/L				UNI
HB7035-				UNI	UNI	UNI	UNI	UNI											R/L				UNI
HB7120-				SS-SG	SS-SG	SS-SG	SS-SG	VM											VM				UNI
HB7120-				UNI	UNI	UNI	UNI	UNI											UNI				UNI
HB7130-				UNI	UNI	UNI	UNI	UNI											UNI				UNI
HB7135-				UNI	UNI	UNI	UNI	UNI											UNI				UNI
HU7020-						SM	SM																
HU70AL-	ALU	ALU	ALU																				
CB7035-				SS-SM	SS-SM	SS-SM	SS-SM	VF											VF				
CU7035-				SS-SM	SS-SM	SS-SM	SS-SM	VF											VF				
HB70AL-	ALU	ALU	ALU																	SS-SM			
CBN710-											F	F											
CBN720-											F	F											
CBN725-											F	F											
CE730-											G-T	G-T											
P25M-						H	H	H	H	H	H												UNI

Алюминий	Сталь	Нержавеющая сталь	Чугун	Общее
ALU Цветные металлы	SF Тонкое точение	VF Тонкое точение	GM Полуцистовая обработка	UNI Универсальное применение
	SS Чистовая обработка	VS Чистовая обработка		
	SM Полуцистовая обработка	VM Полуцистовая обработка		
	SG Черновая обработка	VG Черновая обработка		
	SR Обдирка			

Рис. 9.15 Геометрия стружколома для высокопроизводительной токарной обработки (НРС/МТС)

Фаски на режущих кромках усиливают режущую часть инструмента (как переднюю, так и заднюю поверхности). Небольшой (до отрицательного) угол фаски снижает вероятность образования трещин на режущей кромке. Сменные пластины GARANT с фасками на передней поверхности, в особенности марки КНБ для обработки закалённых сталей, могут иметь как положительную, так и отрицательную геометрию (см. рис. 9.16).

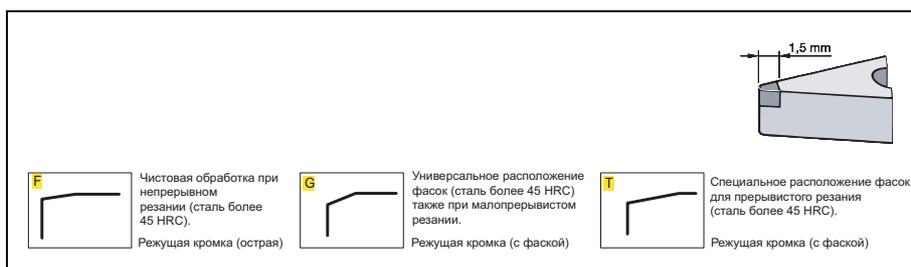


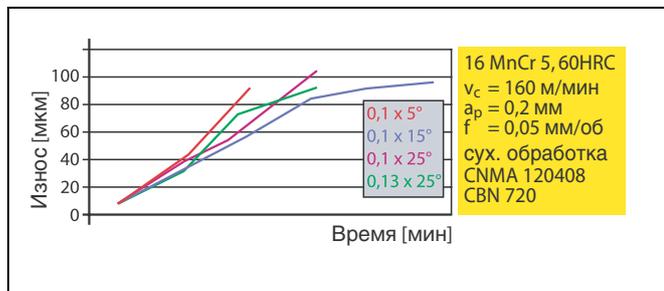
Рис. 9.16 Фаски на передней поверхности сменных пластин КНБ

Ширина фаски на передней поверхности режущего инструмента b_{fy} не должна быть слишком большой, так как в противном случае отвод стружки по передней поверхности окажется невозможным. Для угла в плане k от 60° до 90° ориентировочную ширину **фаски на передней поверхности режущего инструмента b_{fy}** можно определить следующим образом:

$$b_{fy} = 0,8 \cdot f$$

b_{fy} Ширина фаски на передней поверхности режущего инструмента [мм] (уравн. 9.11)
 f Подача [мм/об]

Рис. 9.17 Эксплуатационные характеристики различных фасок на режущей кромке при обработке точением



6 Растачивание

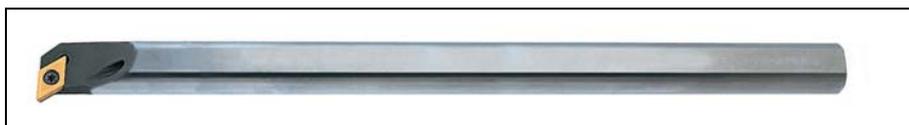


Рис. 9.18 Твердосплавная расточная державка GARANT с внутренним охлаждением, вибростойкая

Для **внутренней обработки** заготовок по причине многообразия форм заготовок, так же как и при наружной обработке, требуются инструменты самой разной формы. На рис. 9.19 представлены токарные резцы различной формы. Инструмент с острой вершиной используется для подрезания, затылования и обработки галтелей. Для получения прямоугольных кромок угол в плане k должен составлять 90° и более.

При обработке труднодоступных мест часто требуется длинный тонкий стержень. Это может привести к возникновению нежелательных **вибраций**. В результате подобных вибраций происходит значительное снижение стойкости инструмента вследствие выкрашивания режущих кромок и снижается качество поверхностей заготовки. Интенсивность вибраций можно уменьшить за счёт снижения силы резания (подачи и глубины резания) (см. также раздел «Решение проблем при обработке точением»).

Прорезные расточные резцы (см. также раздел «Чистовое точение») чаще всего приводят к возникновению вибраций. Точка приложения силы находится далеко за пределами центра (большое плечо силы).

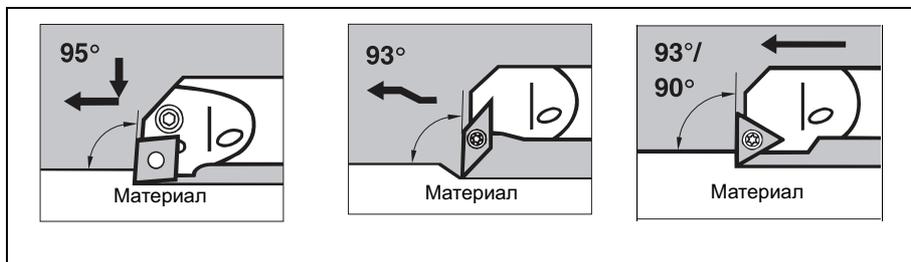


Рис 9.19 Форма расточных резцов

Подробная информация об изготовлении прецизионных отверстий посредством **расточивания** микрометрическими головками содержится в главе «Сверление».

7 Обработка отрезными и подрезными резцами

При **радиальном подрезании** или **отрезании** инструмент, как при торцевом точении, перемещается от наружного диаметра заготовки в направлении её центра (прямолинейное движение подачи), причём скорость резания в направлении центра снижается до нуля.

При **осевом подрезании** или **подрезании с торца** инструмент, напротив, перемещается по оси к торцу заготовки. При этом обработка производится только торцевой режущей кромкой инструмента.

Для радиального подрезания канавок и отрезания пруткового материала служат **отрезные токарные резцы**. Поскольку место для крепления СМП во многих случаях является очень небольшим, используются преимущественно зажимные конструкции (см. рис. 9.20).

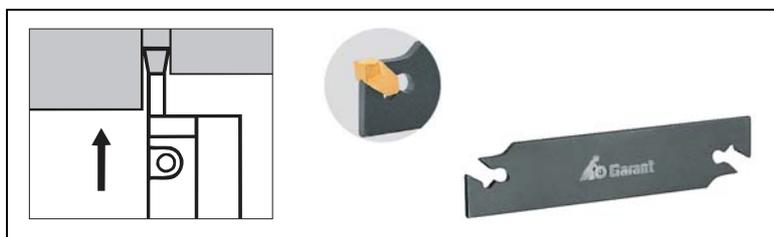


Рис. 9.20 Отрезной токарный резец

При отрезании очень важно обеспечить расположение резца точно по центру. Если резец окажется слишком высоко, то незадолго до завершения отрезания он будет опираться на заготовку только задней поверхностью. В результате этого процесс резания прекратится. При слишком низком положении резца он также не сможет произвести резание до оси заготовки, и часть материала останется необработанной. Кроме того, существует опасность резкого затягивания резца под заготовку, что может привести к его разрушению.

Даже при правильном креплении резца на отрезанной заготовке почти всегда остается так называемая **отрезная сердцевина**, на характер которой можно, однако, влиять посредством изменения геометрии режущей кромки, подачи или крепления отделяемой части заготовки. Описанная ниже операция определяет расположение отрезной сердцевины – на закреплённой в станке или отделяемой части заготовки.

Отрезание «нейтральными» режущими кромками (угол в плане $k = 0^\circ$) приводит к тому, что отрезная сердцевина остается на отделяемой части. Если же инструмент выбирается таким образом, что отрезная сердцевина остается на закреплённой в станке заготовке, сердцевину можно легко удалить посредством выдвигания инструмента за середину заготовки.

При **выборе отрезных резцов** надлежит руководствоваться следующими **критериями**:

1. Глубина прорезания

Глубина прорезания не должна превышать восьмикратной ширины пластины. При этом глубина прорезания влияет также на выбор держателя.

2. Ширина пластины

Необходимо использовать пластины минимальной ширины (в особенности, если они изготовлены из дорогих высококачественных материалов). Однако минимальная ширина пластины, как было сказано выше, ограничивается необходимой глубиной прорезания.

3. Угол в плане

За счёт использования «нейтральных» режущих пластин (угол в плане со стороны торца $k = 0^\circ$) можно обеспечить выполнение более жёстких допусков в отношении чистоты обработки поверхности и перпендикулярности. В то же время можно производить обработку с большей подачей по сравнению с инструментом с углом в плане со стороны торца $k > 0^\circ$. Поэтому при допущении образования заусенцев или отрезной сердцевины следует производить обработку режущими кромками нейтральной геометрии.

4. Радиус при вершине

Чем меньше радиус закругления, тем меньше отрезная сердцевина и надёжнее контроль в процессе резания при меньших подачах. Более значительный радиус закругления, напротив, позволяет производить обработку с более высокими подачами.

8 Чистовое точение с использованием сменных многогранных пластин

Чистовое точение выполняется с целью повышения точности формы, размеров и положения, а также чистоты обработки поверхности. Как и при точении в целом, при чистовом точении обрабатываются наружные и внутренние, а также торцевые и фасонные поверхности. Для чистового точения характерны высокие скорости резания, малые подачи и небольшая глубина резания.



В диапазоне стандартных небольших значений толщины срезаемого слоя h качество получаемой поверхности зависит от характера изменения силы резания. Если толщина срезаемого слоя h снижается при неизменном радиусе режущей кромки r_n , то достигается предельное значение, так называемая **минимальная толщина срезаемого слоя**. Если толщина срезаемого слоя h меньше радиуса режущей кромки r_n , то эффективным передним углом γ_w является не передний угол режущей кромки γ , а большой отрицательный угол, образованный дугой окружности режущей кромки. В данном диапазоне главная составляющая силы резания F_c сильно увеличивается и, соответственно, происходит не резание, а смятие материала (высокие температуры резания и сильная деформация материала), что значительно снижает качество поверхности (см. рис. 9.21).

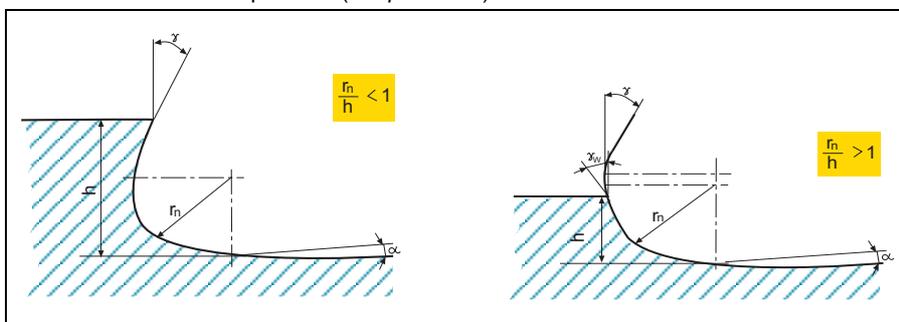


Рис. 9.21 Минимальная толщина стружки

Подача также оказывает существенное влияние на высоту микронеровностей профиля поверхности заготовки. Данные зависимости рассмотрены в главе «Теоретические основы», раздел 1.5.

9 Токарно-сверлильный инструмент GARANT «5 в 1»

Токарно-сверлильный инструмент GARANT «5 в 1» заменяет до 5 инструментов по стандарту ISO. За счёт сокращения затрат времени на смену инструмента и продолжительности работы инструмента в режиме холостого хода возможно сокращение затрат времени на обработку на величину до 30%. Вспомогательная режущая кромка позволяет снимать фаску под углом 30°. При помощи данного инструмента можно выполнять следующие операции:

- Продольное растачивание
- Сверление в сплошном материале
Прямое отверстие, возможность получения отверстия диаметром больше, чем $\varnothing D$, соблюдать осторожность при сверлении в сплошном материале на глубину более $1,5 \times D$ в мягкой конструкционной стали и нержавеющей стали (см. также главу «Сверление»)
- Торцевое точение
- Продольное точение
- Зенкерование/снятие фаски (по стандарту DIN 74)



Рис. 9.22 Пятикратное увеличение производительности с токарно-сверлильным инструментом GARANT «5 в 1»

Исключена возможность ошибки за счёт использования нейтральных СМП для левого и правого инструмента.

10 Чистовое точение сменными цельнотвердосплавными резцами (KOMET UniTurn)



Рис. 9.23
KOMET UniTurn –
чистовое точение
и растачивание

Исполнение:

- Точная фиксация и точное положение расточных резцов во всех направлениях (по оси $\pm 0,01$ и высота центров $0,01$ мм).
- Внутренний подвод СОЖ через державку для СМП, благодаря этому жесткие расточные резцы без отверстий. Исключительно жёсткое соединение между расточным резцом и державкой для обработки без вибраций.
- Быстрое и точное закрепление резца (поворотом эксцентрикового зажимного рычага на 180°).
- Простота обслуживания за счёт того, что при смене сохраняются осевое положение и высота центров расточного резца.
- Лёгкость обслуживания даже при неудобном варианте монтажа за счёт наличия механизма крепления с обеих сторон.

Применение:

- Растачивание (см. также главу «Сверление, микрометрические головки»)
- Растачивание, снятие фасок, контурная обработка
- Подрезание
- Нарезание резьбы резцами (см. главу «Нарезание резьбы»)

11 Решение проблем при обработке точением

11.1 Решение проблем при обработке точением

Проблема		Возможные причины											
1	Размеры не всегда в пределах допуска	Неудачная комбинация инструментальный материал / стружколом											
2	Размеры не всегда в пределах допуска	Недостаточная прочность заготовки и инструмента											
3	Неточность соблюдения размеров и интенсивный износ из-за перегрева инструмента	Неправильный выбор режимов резания											
4	Неточность соблюдения размеров и интенсивный износ из-за перегрева инструмента	Неправильный выбор инструмента или геометрии режущей кромки											
5	Очень сильный износ задней поверхности режущей части	Неправильный выбор инструментального материала											
6	Очень сильный износ по передней поверхности (лункообразный износ)	Неправильный выбор инструментального материала											
7	Выкрашивание режущей кромки	Вибрация											
8	Трещина на режущей кромке	Неправильный выбор режимов резания и инструментального материала											
9	Образование термотрещин на режущей кромке	Неправильный выбор режимов резания и инструментального материала											
10	Деформация радиуса при вершине	Неправильный выбор режимов резания и инструментального материала по твёрдости											
11	Образование сливной стружки	Неправильный выбор режимов резания											
12	Образование сливной стружки	Неправильный выбор геометрии режущей кромки											
13	Нарост на режущей кромке	Неправильный выбор режимов резания, инструментального материала или стружколома											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Способы устранения
													Использовать более твёрдый инструментальный материал
													Использовать более вязкий инструментальный материал
													Использовать инструментальный материал, менее чувствительный к колебаниям температуры
													Использовать инструментальный материал с меньшим коэффициентом трения
													Уменьшить скорость резания
													Уменьшить подачу
													Уменьшить глубину резания
													Увеличить скорость резания
													Увеличить подачу
													Увеличить глубину резания
													Не использовать водорастворимую СОЖ
													Проверить режим подачи СОЖ
													Проверить соответствие СМП по таблице классификации
													Проверить правильность выбора стружколома
													Увеличить задний угол
													Изменить радиус при вершине
													Уменьшить ленточку и закругление режущей кромки
													Увеличить ленточку и закругление режущей кромки
													Использовать станок, обеспечивающий более высокую мощность и жёсткость

Таблица 9.3 Проблемы, причины неисправностей и способы их устранения при обработке точением

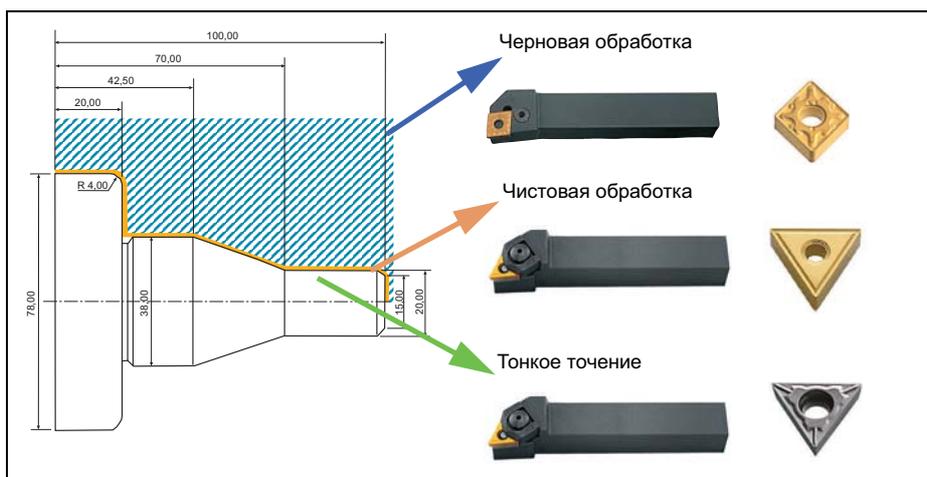
11.2 Решение проблем при обработке канавочными и отрезными резцами

Проблема								
1	Выкрашивание режущей кромки							
2	Износ задней поверхности режущей части							
3	Износ по передней поверхности (лункообразный износ)							
4	Образование термотрещин							
5	Выкрашивание							
6	Пластическая деформация							
7	Нарост на режущей кромке							
8	Низкое качество поверхности							
1	2	3	4	5	6	7	8	Способы устранения
								Использовать более износостойкий инструментальный материал
								Использовать более вязкий инструментальный материал
								Увеличить скорость резания
								Увеличить подачу
								Уменьшить скорость резания
								Уменьшить подачу
								Увеличить расход СОЖ
								Использовать СОЖ
								Не использовать СОЖ (при прекращении реза)
								Обеспечьте более высокую степень устойчивости
								Проверить, находится ли прорезной резец под углом 90° к направлению подачи
								Проверить заготовку на наличие деформаций

Таблица 9.4 Проблемы, причины неисправностей и способы их устранения при обработке канавочными и отрезными резцами

12 Применение токарных инструментов GARANT

12.1 Обработка нержавеющей стали



Пример применения:

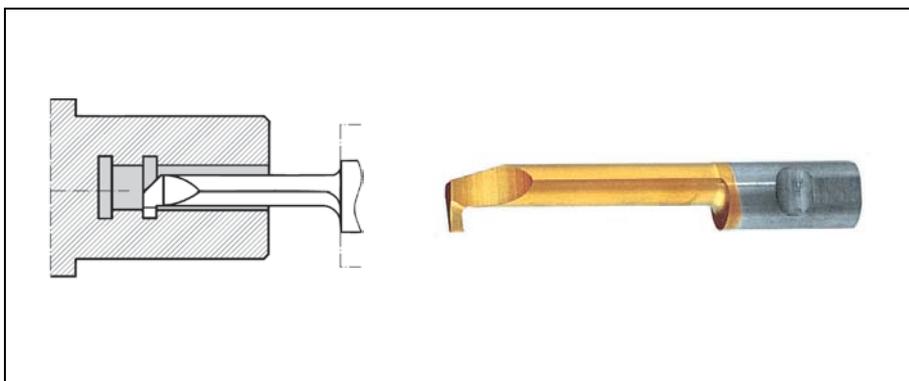
Задача: контурная обработка

Параметры обработки:

Обрабатываемый материал: X10CrNiMoTi1810 (1.4571)
(группа обрабатываемых материалов GARANT 13.2, глава «Материалы», раздел 1)

	Черновая обработка	Чистовая обработка	Тонкое точение
Державка для СМП	PCLN группа 25	MTJNR группа 25	
СМП	CNMG – VG HB7135	TNMG – VS HB7120	TNMG – VF CU7033
Скорость резания v_c	120 м/мин	220 м/мин	240 м/мин
Подача f	0,5 мм/об	0,2 мм/об	0,07 мм/об
Глубина резания a_p	5 мм	1 мм	0,5 мм
СОЖ	эмульсия	эмульсия	эмульсия

12.2 Обработка прорезными резцами



Пример применения:

Задача: вытачивание смазочных канавок, глубина 2,5 мм

Параметры обработки:

Обрабатываемый материал: СЧ 25 (0.6025)

(группа материалов GARANT 15.1, глава «Материалы», раздел 1)

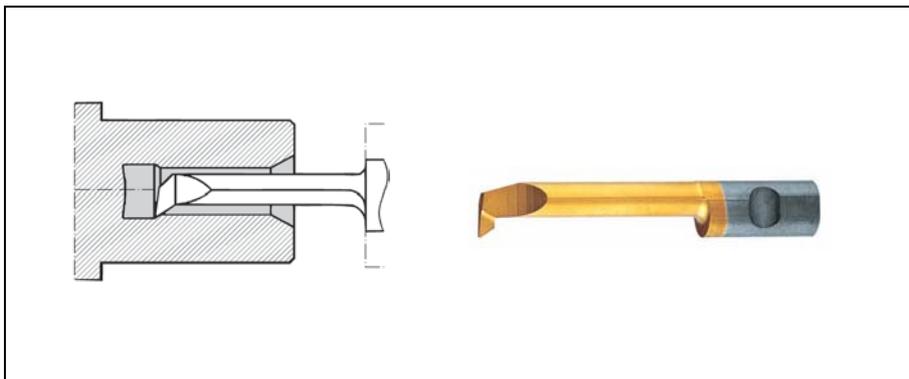
Инструмент: прорезной резец из мелкозернистого твёрдого сплава
длина вылета 40 мм

Режущая кромка: ширина 2 мм

Режимы резания: Скорость резания $v_c = 50$ м/мин

Подача $f = 0,15$ мм/об

12.3 Чистовое точение



Пример применения:

Задача: копирование, растачивание и снятие фаски на профиле
диаметр отверстия 20 мм

Параметры обработки:

Обрабатываемый материал: СЧ 25 (0.6025)
(группа материалов GARANT 15.1, глава «Материалы», раздел 1)

Инструмент: Расточной резец UniTurn из мелкозернистого твёрдого сплава
длина вылета 40 мм

<u>Режимы резания:</u>	Скорость резания	$v_c = 50$ м/мин
	Подача	$f = 0,02$ мм/об
	Глубина резания	$a_p = 0,05$ мм

13 Накатывание рифлений

За счёт наличия рифлений удобнее пользоваться, например, цилиндрическими деталями, предназначенными для обслуживания вручную. Прямые рифления могут выполнять декоративную функцию или использоваться для повышения прочности соединения (прежде всего для литья под давлением).

Накатыванием прямых рифлений могут обрабатываться почти все материалы. Важными факторами, в особенности при оттиске рифлений, являются прочность обрабатываемого материала и предел его прочности при растяжении (переход от упругой деформации к пластической). Чем меньше относительное удлинение, тем хуже деформируется материал.

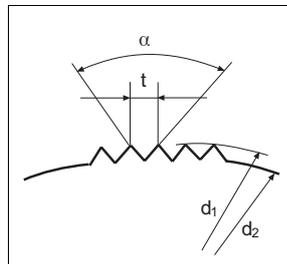
Наиболее подходящими материалами для накатывания рифлений являются:

- все чёрные металлы прочностью макс. 1700 Н/мм^2 и с относительным удлинением не менее 4–5 %
- цветные металлы
- твёрдая древесина
- пластмассы, соответствующие требованиям в отношении относительного удлинения и прочности на растяжение

13.1 Стандарты накаток и накатных профилей

Стандартом накаток является DIN 82.

Согласно данному стандарту накатки должны иметь угол при вершине α 90° , в исключительных случаях 105° (см. рис. 9.24).



- α Угол при вершине
- t Шаг накатки
- d_1 Диаметр после обработки
- d_2 Диаметр обработки

Рис. 9.24 Накатка по стандарту DIN 82

Для шага накаток также предусмотрены стандарты. В частности, используются накатки со следующим стандартным шагом:

Стандартный шаг t [мм]	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6

Стандартом DIN 82 предусмотрены следующие накатные профили на заготовке:

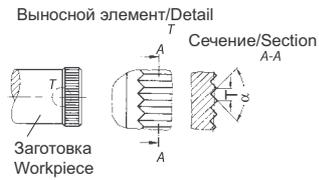
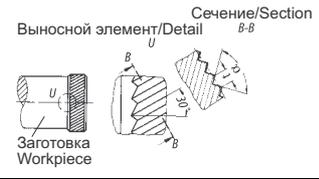
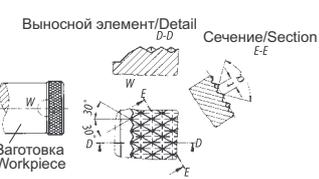
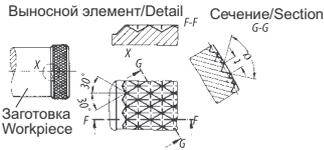
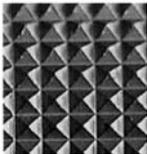
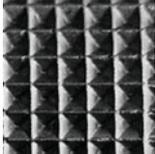
Рифления на заготовке	Накатный профиль на заготовке	Варианты
<p>Накатывание рифлений с параллельными осями</p> <p>Выносной элемент/Detail T Сечение/Section A-A</p>  <p>Заготовка Workpiece</p>	<p>RAA</p> 	<p>Накатный профиль/Knurling profile RAA</p> <p>Заготовка Workpiece</p> <p>Накатка/Knurlingroll AA</p> <p>Рифления RAA/Knurl RAA</p> <p>Заготовка Workpiece</p> <p>Заготовка Workpiece</p> <p>Накатка BL под углом 30° Knurlingroll BL swivelled 30°</p> <p>Накатка BR под углом 30° Knurlingroll BR swivelled 30°</p>
<p>Левое накатывание</p> <p>Выносной элемент/Detail U Сечение/Section B-B</p>  <p>Заготовка Workpiece</p>	<p>RBL</p> 	<p>Накатный профиль RBL/Knurling profile RBL</p> <p>Заготовка Workpiece</p> <p>Заготовка Workpiece</p> <p>Накатка BR Knurlingroll BR</p> <p>Накатка AA под углом 30° Knurlingroll AA swivelled 30°</p>
<p>Правое накатывание</p> <p>Выносной элемент/Detail V Сечение/Section C-C</p>  <p>Заготовка Workpiece</p>	<p>RBR</p> 	<p>Накатный профиль RBR/Knurling profile RBR</p> <p>Заготовка Workpiece</p> <p>Заготовка Workpiece</p> <p>Накатка BL Knurlingroll BL</p> <p>Накатка AA под углом 30° Knurlingroll AA swivelled 30°</p>
<p>Перекрёстное диагональное накатывание, высокие вершины</p> <p>Выносной элемент/Detail D-D Сечение/Section E-E</p>  <p>Заготовка Workpiece</p>	<p>RGE</p>  	<p>Накатный профиль RGE/Knurling profile RGE</p> <p>Заготовка Workpiece</p> <p>Накатка GV/Knurlingroll GV</p> <p>Накатка BR Knurlingroll BR</p> <p>Накатка AA под углом 30° Knurlingroll AA swivelled 30°</p> <p>Накатный профиль RGE/Knurling profile RGE</p> <p>Заготовка Workpiece</p> <p>Заготовка Workpiece</p> <p>Накатка BL Knurlingroll BL</p> <p>Накатка AA под углом 30° Knurlingroll AA swivelled 30°</p>

Таблица 9.5 Стандартные накатные профили – Продолжение на следующей странице

Таблица 9.5 Продолжение – Стандартные накатные профили

Рифления на заготовке	Накатный профиль на заготовке	Варианты
Перекрёстное диагональное накатывание, низкие вершины		
	RGV 	
Накатывание прямоугольных рифлений		
Высокие вершины RKE 	Низкие вершины RKV 	

13.2 Выбор материала накаток

Накатки для прямого рифления изготавливаются из порошкового металла (PM) и твёрдого сплава (HM). Накатки каждой из этих групп обладают специфическими свойствами и преимуществами с точки зрения практического применения.

При выборе накаток для прямого рифления всегда следует учитывать многочисленные переменные величины. Наряду со свойствами обрабатываемого материала к ним, например, относятся скорость резания и подача, объём партии, тип станка, способ накатывания и т. д. Поэтому невозможно дать общие рекомендации.

В качестве исходной информации следует использовать представленную в помещённой ниже таблице матрицу, на основании которой можно сделать предварительный выбор. Для особых случаев обработки требуется отдельная консультация

Обрабатываемый материал	Объём партии (количество изделий) [шт.]					Примечания
	до 5000	от 5000 до 20 000	от 20 000 до 50 000	от 50 000 до 500 000	более 500 000	
Автоматная сталь (2.0; 2.1)			НМ			При обработке материалов, хорошо или умеренно хорошо поддающихся резанию, для оптимизации стойкости можно использовать твёрдосплавные накатки. Вязкость в данном случае является достаточной.
			PM (фрезерованный)			При обработке материалов, плохо поддающихся резанию, применение твёрдосплавных накаток не рекомендуется, поскольку вязкость является недостаточной, вследствие чего при возникновении вибраций возможно выкрашивание зубьев. Для обработки данных материалов рекомендуются накатки из порошковой стали. За счёт использования покрытия и дополнительной обработки (по технологии Tenifer) можно добиться дополнительного увеличения стойкости.
Нержавеющая сталь (13.0 - 13.3)			PM (фрезерованный)			Для обработки нержавеющей стали применение твёрдосплавных накаток не рекомендуется, поскольку вязкость является недостаточной, вследствие чего возможно выкрашивание зубьев. Дополнительного увеличения стойкости можно добиться за счёт дополнительной обработки (по технологии Tenifer) и использования покрытия.
Латунь (18.1; 18.2)			PM (фрезерованный)	НМ		Для обработки латуни применение накаток из твёрдого сплава рекомендуется только в случае изготовления очень крупных партий, поскольку стойкость накаток из порошкового металла (PM) уже является очень высокой.
Алюминий (17.0 - 17.2)			PM (шлифованный)	НМ		Для обработки алюминия по причине его склонности к адгезии (прилипанию) следует использовать шлифованные накатки. Это обеспечивает соскальзывание материала при контакте с боковыми поверхностями зубьев. Для обработки алюминия применение накаток из твёрдого сплава рекомендуется только в случае изготовления очень крупных партий, поскольку стойкость накаток из порошковой стали уже является очень высокой.

Таблица 9.6 Ориентировочные значения для выбора материала накаток для прямого рифления

13.3 Способы накатывания рифлений

Накатывание производится двумя способами:

- формирование рифлений (обработка давлением) в качестве бесстружечного способа, т. е. происходит пластическое деформирование материала и
- фрезерование рифлений в качестве способа обработки резанием, при котором происходит снятие стружки.

Ниже представлен обзор обоих способов.

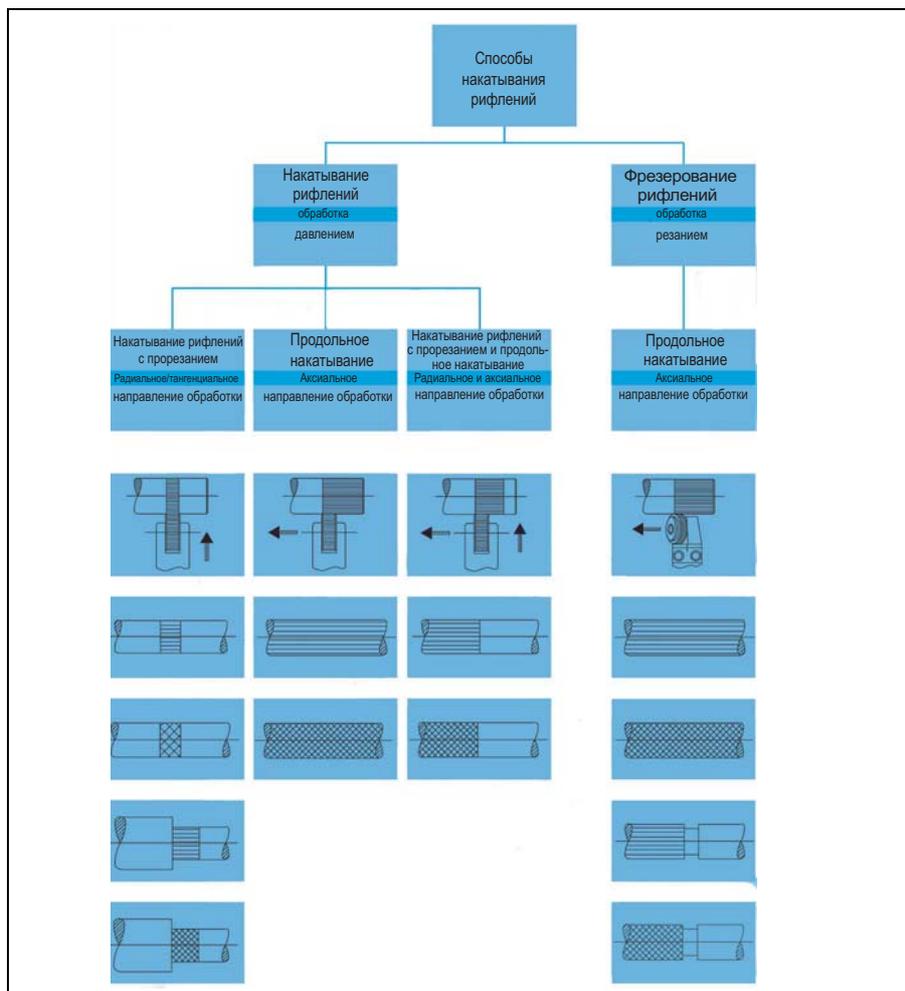


Рис. 9.25 Способы накатывания рифлений

	Формирование рифлений	Фрезерование рифлений
Применение	<ul style="list-style-type: none"> • Обработка материалов, поддающихся холодной обработке давлением • Формирование рифлений на тонкостенных заготовках является проблематичной • Обширная сфера применения: <ul style="list-style-type: none"> – возможность получения рифлений любой формы и профиля – подходит для торцевой и внутренней обработки – возможно накатывание до буртика – инструмент можно располагать с любой стороны заготовки 	<ul style="list-style-type: none"> • Возможна обработка почти всех материалов • Возможна обработка тонкостенных заготовок • Ограниченная сфера применения: <ul style="list-style-type: none"> – возможно получение только накатных профилей RAA и RGE – возможна обработка исключительно цилиндрических заготовок в осевом направлении • Для установки инструмента в центре заготовки требуется прорезание
Свойства	<ul style="list-style-type: none"> • В результате вытеснения материала увеличивается наружный диаметр заготовки • Происходит уплотнение поверхности • Более высокая нагрузка на станок по сравнению с фрезерованием рифлений 	<ul style="list-style-type: none"> • Не происходит существенного изменения наружного диаметра заготовки • Незначительное уплотнение поверхности • Высокая точность накатки и чистота обработки поверхности • Более низкая нагрузка на станок по сравнению с формовкой рифлений
Эксплуатация	<ul style="list-style-type: none"> • Не требуется подготовка заготовки • Очень простая эксплуатация инструмента 	<ul style="list-style-type: none"> • Требуется прецизионная настройка инструмента и точное совмещение • Требуется прецизионная подготовка заготовки

Таблица 9.7 Особенности способов накатывания рифлений

13.3.1 Формирование рифлений (обработка давлением)

При бесстружечном накатывании рифлений (обработке давлением) инструмент с определённым накатным профилем (накатной ролик), совершающий движение обката по поверхности заготовки, вдавливаются в заготовку. При этом на поверхности заготовки происходит холодная деформация материала. В процессе данного пластического деформирования материал вытесняется наружу, вследствие чего увеличивается диаметр заготовки.



Рис. 9.26
Обработка давлением

В качестве опытных данных для больших исходных диаметров следует рассматривать увеличение диаметра прим. на 40 % от используемого шага накатки. Расчёт исходного диаметра может быть произведен по следующей формуле:

$$d_2 = d_1 - (X \cdot t)$$

d_2 Исходный диаметр (диаметр обработки) [мм]
 d_1 Диаметр после обработки [мм]
 X Значение из *таблицы 9.8*
 t Шаг накатки

(уравн. 9.13)

Форма рифлений **	Значение X
С параллельными осями, форма AA	0,5
Левое накатывание, форма BL	0,5
Правое накатывание, форма BR	0,5
Прямоугольные рифления, высокие вершины, форма KE	0,67
Прямоугольные рифления, низкие вершины, форма KV	0,33
Диагональное накатывание, высокие вершины, форма GE	0,67
Диагональное накатывание, низкие вершины, форма GV	0,33

** см. также раздел Накатные профили

Таблица 9.8 Увеличение диаметра заготовки в зависимости от шага

Возможности применения обработки давлением в качестве способа накатывания рифлений:

- Если возникающие усилия не оказывают отрицательного влияния на станок и заготовку,
- В качестве более дешёвой альтернативы фрезерованию рифлений,

Преимущества обработки давлением:

- Не нарушается ориентация волокон. В результате этого снижается чувствительность к концентрации напряжений и повышается предел усталости.
- Прочность материала значительно увеличивается соответственно образующемуся наклепу; относительное линейное удлинение уменьшается.
- За счёт упрочнения повышается износостойкость изделия и получается чистая блестящая поверхность.

Недостатки обработки давлением:

- Увеличивается диаметр. Требуется расчёт диаметра после обработки. (см. *таблицу 9.23*)
- Прилагаемые силы больше, чем при накатывании фрезерованием. Повышается нагрузка на станок и заготовку.
- Если накатка делает более 2–3 рабочих оборотов на одном месте, существует опасность «отслаивания» поверхности материала по причине усталости.
- Не подходит для обработки тонкостенных заготовок по причине опасности деформирования под действием больших сил.

Параметры обработки:

- Ориентировочные значения параметров обработки содержатся в *таблице 9.23*.
- Подача поперечным суппортом производится до тех пор, пока на заготовке не появляются четко выраженные рифления. При накатывании продольных рифлений только после этого производится подача на обработку.
- В качестве СОЖ рекомендуется эмульсия для сверления. Однако необходимо обеспечить её подачу в достаточном количестве.

Накатный инструмент с одной накаткой используется для накатывания различных профилей с предварительным прорезанием (см. также *таблицу 9.5*). Продольные рифления изготавливаются исключительно накатками формы АА. Рифления с прорезанием всегда имеют длину, соответствующую ширине рабочей поверхности накатки. При этом инструмент закрепляется под углом 90° к заготовке, при продольном движении, напротив, крепление инструмента производится под углом 88° к заготовке. Остающийся задний угол 2° к передней кромке накатки препятствует скоплению материала при её продольном перемещении.

Накатный инструмент с двумя накатными роликами используется для накатывания различных профилей с предварительным прорезанием. Продольные рифления изготавливаются исключительно накатками формы АА (рифления с параллельными осями), а также форм ВL + ВR (перекрестное диагональное накатывание). Спираль 30° или 45° на накатках определяет также спираль на заготовке (30° или 45°). Инструмент также должен располагаться под углом 90° к заготовке при накатывании с прорезанием и под углом 88° при продольном накатывании.

13.2.2 Фрезерование рифлений



Фрезерование рифлений представляет собой профилирование шабрением с подачей вращающегося инструмента, снабженного зубьями с острыми краями (накатки). При фрезеровании рифлений не образуется наклёп. Стружка снимается обкатыванием от основания к вершинам зубьев (соскребаётся).

Рис. 9.27 Инструмент для фрезерования рифлений с двумя накатками

Преимущества фрезерования рифлений:

- Подходит для обработки тонкостенных материалов (например, труб), так как действующие на заготовку силы значительно меньше, чем при пластическом деформировании,
- меньше нагрузка на инструмент и станок,
- не происходит увеличение диаметра в результате обработки,
- обеспечивается очень высокая чистота обработки поверхности.

Недостатки фрезерования рифлений:

- Нарушается ориентация волокон заготовки (концентрация напряжений).
- Дорогостоящий способ.

Параметры обработки:

- Заготовка должна иметь фаску (30–45°). Размер фаски должен быть не меньше шага.
- Ориентировочные значения параметров обработки содержатся в *таблице 9.24*.
- Обязательна охлаждающая смазка. В качестве СОЖ рекомендуется эмульсия для сверления или маловязкие смазочные масла. Однако необходимо обеспечить её подачу в достаточном количестве.

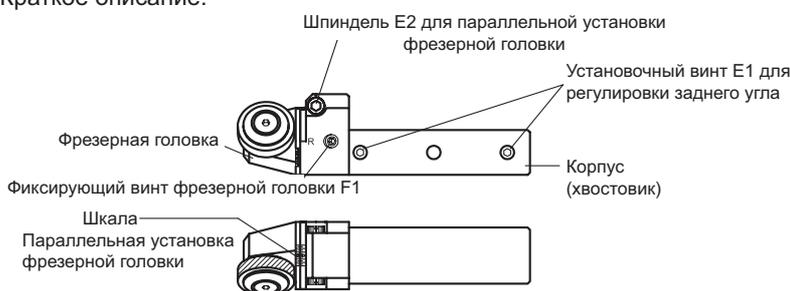
Инструмент для фрезерования рифлений с одним накатным роликом может быть использован исключительно для накатывания рифлений с параллельными осями (RAA). Всегда используется один ролик BL 30° для левого накатывания или один ролик BR 30° для правого накатывания. Возможна соответствующая регулировка головки каждого инструмента. Данный инструмент всегда крепится под прямым углом к заготовке. Для точной настройки высоты центров сбоку на головке инструмента нанесена маркировка в виде точек или, если речь идет об инструменте для станков с ЧПУ, верхний край хвостовика является базовой кромкой для высоты центров.

Инструментом для фрезерования рифлений с двумя накатными роликами накатываются перекрестные диагональные рифления (RGE) 30° и спирали 45°. Для накатывания RGE 30° в инструмент вставляются два накатных фрезерных ролика AA. Для рифлений RGE 45° следует установить один накатный фрезерный ролик BR 15° и один ролик BL 15° (см. также *таблицу 9.5*). На инструменте имеется шкала для настройки на диаметр заготовки. После настройки на диаметр заготовки инструмент необходимо точно расположить на высоте центров. Прежде чем приступить к фрезерованию, необходимо подвести инструмент к заготовке и проверить, одновременно ли оба ролика врезаются в заготовку. При фрезеровании рифлений поперечная подача на врезание накатных роликов производится примерно на 1/3 их ширины, прежде чем полностью появляется отчетливый рисунок рифлений. Обычно для этого требуется, чтобы соответствующий шаг накатки был задействован на 70 %. После этого включается подача на обработку.

13.4 Руководства по эксплуатации фрезеровальных накаток
Накатные державки 290222 – для накаток для прямого рифления
290261-290281

Руководство по эксплуатации RF1 (231-A)  

накатного инструмента № 231-20/25M250608-A
 На рисунке представлен инструмент в варианте RH
 Краткое описание:



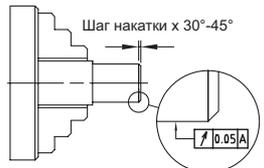
1. Установка накатного ролика

Накатный профиль на заготовке по стандарту DIN 82	№ инструмента	Профиль применяемой накатки
RAA	231-20725M250608-A вариант RH	BR30°
RAA	241-20725M250608-A вариант LH	BL30°
RBR 30°	231-20/25M250608-A вариант RH	AA
RBL 30°	231-20/25M250608-A вариант LH	AA

2. Требования в отношении заготовки

а) Фаска (минимальный шаг α 30° - 45°) выполняется на начале заготовки или после канавки.
 Примечание:
 Фаска нужна для центрирования накатки!

б) Радиальные биения: $\pm 0,05$ мм



3. Установка инструмента на высоте центров

а) Обычные токарные станки:
 Высота центра на уровне верхнего края хвостовика

б) Токарные станки с КЧПУ
 Установка в специальном зажимном приспособлении

в) Автоматы для продольного точения
 Высота центра на уровне верхнего края хвостовика

г) Многошпиндельные токарные автоматы
 Высота центра на уровне верхнего края хвостовика

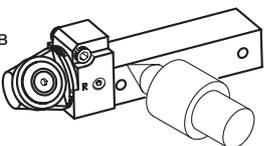


Рис. 9.28 Руководство по эксплуатации фрезеровальных накаток 290222

Рис. 9.28 Продолжение Руководство по эксплуатации фрезеральных накаток 290222



Рис. 9.28 Продолжение Руководство по эксплуатации фрезеральных накаток 290222

Внимание!
Операции необходимо выполнять точно в последовательности пунктов 7,(8),9 и 10!!

7. Корректировка исходного положения инструмента
Переместить режущую кромку накатки прим. на 0,5–1 мм в направлении Z (к фаске) и в направлении X в исходную точку на заготовке X +0,3 мм.

8. Охлаждение / смазка
Начиная с 9-го пункта рекомендуется подвод СОЖ в достаточном количестве с целью предотвращения закатывания стружки и увеличения стойкости накаток

9. Подача на глубину профиля в направлении X
Подача на глубину профиля в направлении X
Подача в соответствии с таблицей режимов резания
После достижения глубины профиля выдержать время 0,5–1 секунды (центрирование накатки)
Глубина профиля = высота зуба +0,1 мм ± 0,05 мм

Пример: имеем Шаг 1 мм и угол исходного контура зуба 90° даёт высоту зуба 0,5 мм
Глубина профиля = 0,5 мм +0,1 ± 0,05 мм = 0,6 ± 0,05 мм

10. Подача в направлении Z (собственно фрезерование рифлений)
Значения скорости резания и подачи содержатся в каталоге накаток H+K, а также в Интернете на сайте: www.hommel-keller.de/support

С соответствующей продольной подачей (см. режимы резания) переместить накатку на нужную длину, затем отвести инструмент от заготовки в направлении X. Проверить накатный профиль. Если профиль отпечатался не полностью, операцию можно повторить.

Рис. 9.28 Продолжение Руководство по эксплуатации фрезероальных накаток 290222

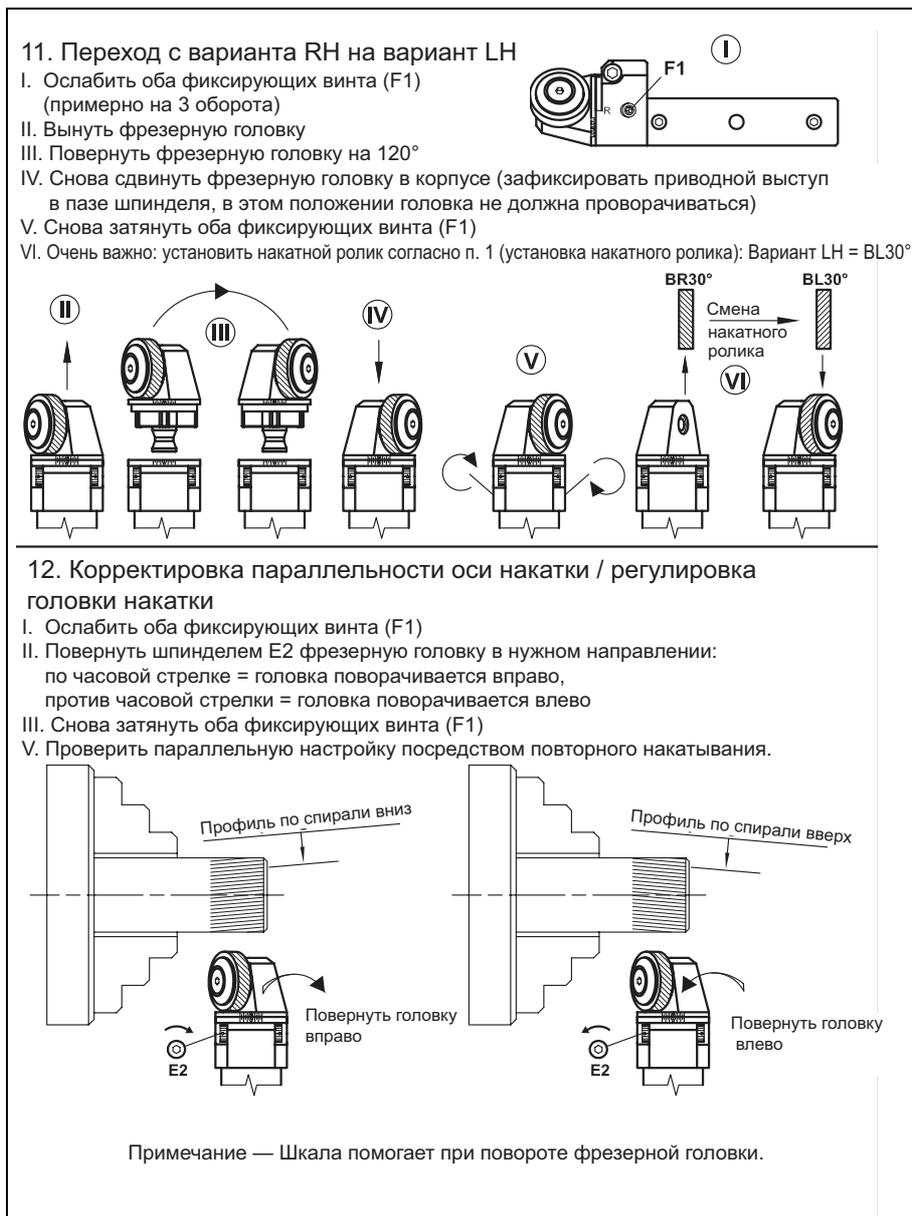
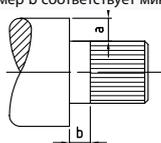


Рис. 9.28 Продолжение Руководство по эксплуатации фрезеральных накаток 290222

13. Расстояния между инструментом для фрезерования рифлений и буртиком заготовки

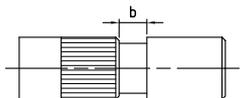
По причине обусловленного конструкцией расположения головки накатки под углом (30°) и выступа защитной шайбы при помощи фрезеральной накатки нельзя производить накатывание до уступа! Размер а соответствует увеличению уступа [мм]
 Размер b соответствует минимальному расстоянию при использовании конкретного накатного ролика (0) [мм]



a	b (10x3x6)	b (15x4x8)	b (25x6x8)	b (42x13x16)
1	5	1,5	2	3
3		3,5	3	5
5		6	5	7
7			8	9
10				12
12				13

14. Минимальная ширина прорезания

Если накатывание должно быть произведено в центре заготовки, требуется канавка (на накатном ролике необходима фаска для центрирования!)
 глубина прорезания: не менее 1/2 шага + 0,3 мм



Размеры накаток:	10x3x6	15x4x8	25x6x8	42x13x16
Мин. ширина канавки [b]:	3 мм	4 мм	6,5 мм	14 мм

15. Возможные проблемы и способы их устранения

Описание проблемы:	Причина:	Способ устранения:
Нкатный профиль RAA непараллельный, профиль кажется спиральным	Неточно произведена параллельная настройка головки накатки	Повернуть головку накатки в зависимости от положения спирали, см. (12.)
Неопределимая структура опытного накатного образца	Установлен неподходящий накатной ролик	Установить накатной ролик, см. (1.)
Выдавливание материала на конце накатки Профиль кажется "сплюсненным"	Неправильная настройка заднего угла Инструмент давит на заготовку	Правильно настроить задний угол, см. (5.1 -5.3)
Профиль отпечатался не полностью	Подача меньше глубины профиля	Обеспечить необходимую подачу, см. (9.)
Нерегулярная четкость профиля	Биеение заготовки в поперечном направлении	Обточить заготовку начисто по диаметру Торцевое точение, см. (2.)
Нечистое начало рифлений	Фаска на кромке заготовки отсутствует или слишком маленькая	См. (2.) - Требования в отношении заготовки
Профиль имеет неравномерную структуру	Нкатной ролик местами перемещается с трудом - имеется деформация	Нкатку снять, почистить, смазать и снова правильно собрать.
Профиль неравномерный, с продавленными участками и большей частью сломанными вершинами	Стружка закатывается в профиль	Проконтролировать охлаждение и промывку! По возможности высоким давлением (8.)
Радиус во впадине зуба	Неправильная высота центров инструмента	Проверить высоту центров, при необходимости откорректировать, см. (3.)
Нкатный профиль нечеткий	Профиль накатки затупился или подвергся частичному износу	Проверить профиль и при необходимости установить новые накатки ZEUS

Фрезеровальная накатка 290242 – для накатных роликов 290261–290281

Руководство по эксплуатации RF2 (241-A)

накатного инструмента № 241-20/25M250608-A
 На рисунке представлен инструмент в варианте RH
 Краткое описание:

Шкала регулировки высоты - фрезерной головки
 Верхний край хвостовика = высота центров
 Настройка заднего угла E2
 Регулировка высоты фрезерной головки E1
 Стрелка настройки заднего угла
 Шкала настройки заднего угла (значение = Ø заготовки)
 Корпус (хвостовик)

Фиксирующий винт держателя F1
 Фиксирующий винт держателя F2
 Держатель
 Фрезерная головка
 Указатель направления
 Регулировка высоты

1. Монтаж накаток

Накатный профиль на заготовке по стандарту DIN 82	№ инструмента	Профиль применяемых накаток
RGE 30°	241-20/25M250608-A	AA
RGE 45°BL 15° и BR 15°	241-20/25M250608-A	AA

Внимание: Всегда используйте пару накатных роликов с одинаковым шагом !

2. Требования в отношении заготовки

а) Снять фаску (не менее шаг x 30° – 45°) в начале заготовки или за канавкой.
 Примечание – Фаска нужна для центровки накатного ролика!

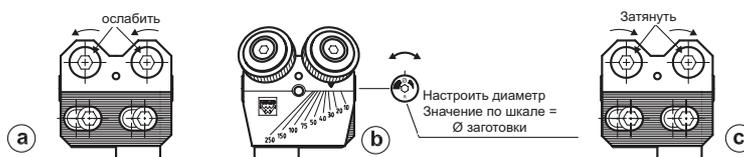
б) Радиальное биение: ± 0,05 мм

Рис. 9.29 Руководство по эксплуатации фрезеровальных накаток 290242

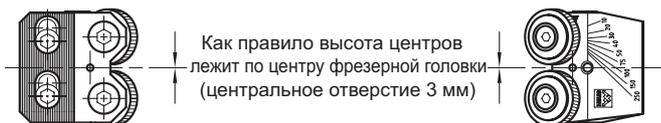
Рис. 9.29 Продолжение Руководство по эксплуатации фрезервальных накаток 290242

3. Предварительная настройка заднего угла накаток

Вывернуть оба фиксирующих винта (F1) держателей накатки (а), вращая шпиндель (E2), настроить диаметр обрабатываемой детали (b), затем снова затянуть фиксирующие винты (F1) (с)



4. Установка инструмента по высоте центров



4.1 Регулировка высоты фрезерной головки по высоте центров

Ослабить оба фиксирующих винта (F2) фрезерной головки (а). Затем, вращая шпиндель (E2), проверить регулируемость высоты головки с насечкой (b). Высота центров для станков с ЧПУ: высота центров соответствует верхнему краю хвостовика, номинальный размер 20 мм или 25 мм настраивается заподлицо с маркировкой и верхним краем хвостовика (с). Высота центров для обычных станков: установить фрезерную головку с центральным отверстием 3 мм на высоту центров станка (d). Затем снова затянуть оба фиксирующих винта (F2) (е).

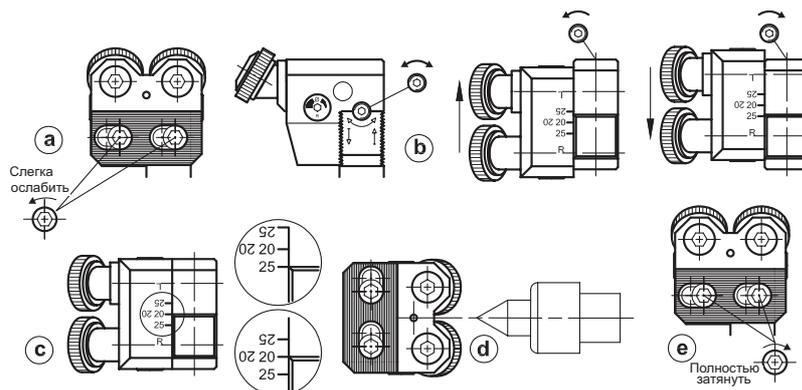


Рис. 9.29 Продолжение Руководство по эксплуатации фрезеральных накаток 290242



Рис. 9.29 Продолжение Руководство по эксплуатации фрезеровальных накаток 290242

Внимание!
Операции необходимо выполнять точно в последовательности пунктов 9, (10),11 и 12!!

9. Корректировка исходного положения инструмента
Переместить режущую кромку накатки прим. на 0,5–1 мм в направлении Z (к фаске) и в направлении X в исходную точку на заготовке +0,3 мм.

10. Охлаждение / смазка
Начиная с 11-го пункта рекомендуется подвод СОЖ в достаточном количестве с целью предотвращения закатывания стружки и увеличения стойкости накаток

11. Подача на глубину профиля в направлении X
Подача на глубину профиля в направлении X
Подача в соответствии с таблицей режимов резания
После достижения глубины профиля выдержать время 0,5–1 секунды (центрирование накатки)
Глубина профиля = высота зуба +0,1 мм ± 0,05 мм

Пример: имеем: Шаг 1 мм и угол 90° исходного контура зуба даёт высоту зуба 0,5 мм
Глубина профиля = 0,5 мм +0,1 ± 0,05 мм = 0,36 ± 0,05 мм

12. Подача в направлении Z (собственно фрезерование рифлений)
Значения скорости резания и подачи содержатся в каталоге накаток Н+К, а также в Интернете на сайте: www.hommel-keller.de/support

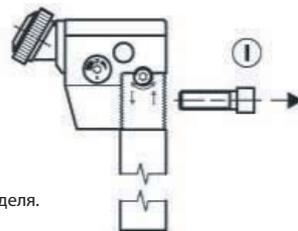
С соответствующей продольной подачей (см. режимы резания) переместить накатку на нужную длину, затем отвести инструмент от заготовки в направлении X. Проверить накатный профиль. Если профиль отпечатался не полностью, операцию можно повторить.

Внимание!
Операции необходимо выполнять точно в последовательности пунктов 9,(10),11 и 12!!

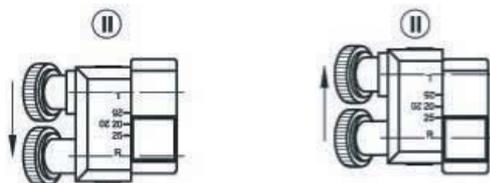
Рис. 9.29 Продолжение Руководство по эксплуатации фрезероальных накаток 290242

13. Переход с варианта RH на вариант LH

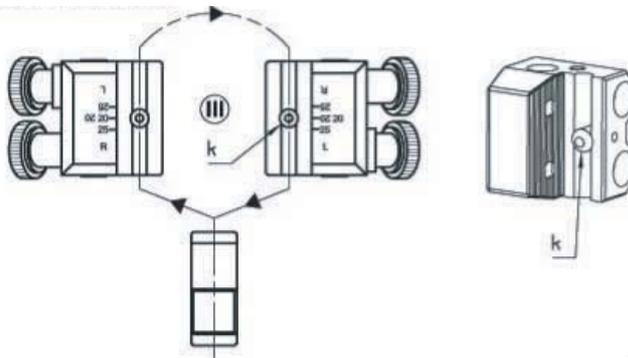
I. Полностью вывернуть оба фиксирующих винта (F2)



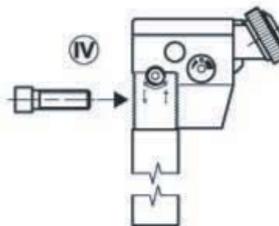
II. Сдвинуть фрезерную головку рукой вверх или вниз.
Осторожно! Нужно преодолеть сопротивление фиксатора шпинделя.
Затем осторожно полностью вывести головку из зацепления



III. Повернуть фрезерную головку на 180° и завести в зацепление на другой стороне корпуса.
Если шпindel упирается в фиксатор подпружиненного конуса (k),
нужно отжать фиксатор внутрь и продолжать сдвигать головку, пока фиксатор конуса
снова не защёлкнется (примерно в среднем положении).



IV. Завернуть оба фиксирующих винта (F2)
и продолжить согласно п.п. 1-12



13.5 Руководство по эксплуатации накатного инструмента с ClickPin

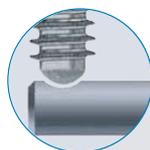
№ 290115; 290140

zeus ClickPin®

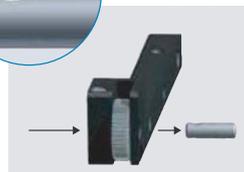
Быстрая и надёжная замена инструмента!



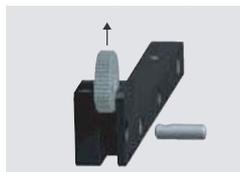
Новая система ClickPin® от Hommel + Keller приходит на смену традиционным винтам с внутренним шестигранником для крепления накатных роликов при их замене. Недостатки старого способа крепления остались в прошлом:



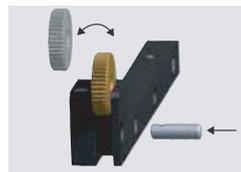
- > Повреждение ролика в случае перетяжки обычных винтов с внутренним шестигранником
- > Винты не выворачиваются и не выпадают при ударных нагрузках и вибрации
- > Быстрая фиксация и позиционирование ролика



Выдавить твердосплавный опорный штифт за точку сопротивления пружинного прижима.



Быстрая замена накатного ролика



Закрепление нового ролика простым втягиванием опорного штифта с надрезом. Пружинный прижим входит в заданное положение опорного штифта.

14 Ориентировочные режимы резания, точение и накатывание

Принцип построения таблиц ориентировочных значений на примере наружного точения

Задание на обработку:

Чистовая обработка, диаметр D = 60 мм, материал Сk 60

Порядок действий:

1. Выбор инструмента из главного каталога Державка с механическим креплением 256100
СМП: CNM.1204
2. Выбор группы обрабатываемых материалов (глава «Материалы», раздел 1) Группа 8.2
3. Выбор режимов резания:
 - 3.1 Выбор таблицы ориентировочных режимов резания Таблица 9.9
 - 3.2 Выбор геометрии стружколомного профиля VS
 - 3.3 Выбор режимов резания

Таблица 5.1 Токарная обработка 0°
Тип пластины **CNM..**
Твёрдый сплав, кермет



Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм ²]	Стружколом															
			SF Чистовая обработка a _p = 0,1–1 мм		SS Получистовая обработка a _p = 0,5–2 мм		SM Получистовая обработка a _p = 2–5 мм		SG Черновая обработка a _p = 3–7 мм									
			V _c [м/мин]	f [мм/об]	V _c [м/мин]	f [мм/об]	V _c [м/мин]	f [мм/об]	V _c [м/мин]	f [мм/об]								
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	200	350	0,05	0,15	150	250	0,10	0,35	120	220	0,20	0,60	80	180	0,40	0,80
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	200	350	0,05	0,15	150	250	0,10	0,35	120	220	0,20	0,60	80	180	0,40	0,80
2.0	Автомат. стали	< 850	200	350	0,05	0,15	150	250	0,10	0,35	120	220	0,20	0,60	80	180	0,40	0,80
2.1	Автомат. стали	850 – 1000	200	300	0,05	0,15	150	200	0,10	0,35	120	180	0,20	0,60	80	160	0,40	0,80
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	200	350	0,05	0,15	150	250	0,10	0,35	120	220	0,20	0,60	80	180	0,40	0,80
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	200	350	0,05	0,15	150	250	0,10	0,35	120	220	0,20	0,60	80	180	0,40	0,80
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	200	300	0,05	0,15	150	200	0,10	0,35	120	200	0,20	0,60	80	160	0,40	0,80
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	200	300	0,05	0,15	150	250	0,10	0,35	120	220	0,20	0,60	80	180	0,40	0,80
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	100	200	0,05	0,15	100	150	0,10	0,35	80	180	0,20	0,60	80	160	0,40	0,80
5.0	Нелег. улучш. стали	< 750	200	350	0,05	0,15	150	250	0,10	0,35	120	220	0,20	0,60	80	180	0,40	0,80
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	200	300	0,05	0,15	150	200	0,10	0,35	120	180	0,20	0,60	80	160	0,40	0,80
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	100	200	0,05	0,15	100	150	0,10	0,35	80	150	0,20	0,60	50	100	0,40	0,80
7.0	Азотируемые стали	< 1000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7.1	Азотируемые стали	> 1000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8.0	Инструментал. стали	< 850	200	300	0,05	0,15	150	200	0,10	0,35	120	220	0,20	0,60	80	180	0,40	0,80
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	100	150	0,05	0,15	100	150	0,10	0,35	100	180	0,20	0,60	80	160	0,40	0,80
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	80	150	0,05	0,15	80	150	0,10	0,35	80	180	0,20	0,60				
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200																

Диапазон скорости резания начальн. значение $v_c = 150\text{--}200$ м/мин

Диапазон подачи начальн. значение $f = 0,1\text{--}0,35$ мм/об

Диапазон глубины резания начальн. значение $a_p = 0,5\text{--}2$ мм

Токарная обработка

Таблица 9.9 Токарная обработка 0°



Тип пластины CNM.
Твёрдый сплав, кермет

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм ²]	Стружколом									
			SF Тонкое точение a _p = 0,1-1 мм		SS Чистовая обработка a _p = 0,5-2 мм		SM Получистовая обработка a _p = 2-5 мм		SG Черновая обработка a _p = 3-7 мм		SR Грубая обработка a _p = 4-10 мм	
			v _c [м/мин]	f [мм/об]	v _c [м/мин]	f [мм/об]	v _c [м/мин]	f [мм/об]	v _c [м/мин]	f [мм/об]	v _c [м/мин]	f [мм/об]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	200 - 350	0,05 - 0,15	150 - 250	0,10 - 0,35	120 - 220	0,20 - 0,60	80 - 180	0,40 - 0,80	60 - 150	0,60 - 1,00
1.1	Констр. стали общего назн.	500 - 850	200 - 350	0,05 - 0,15	150 - 250	0,10 - 0,35	120 - 220	0,20 - 0,60	80 - 180	0,40 - 0,80	60 - 150	0,60 - 1,00
2.0	Автоматные стали	< 850	200 - 350	0,05 - 0,15	150 - 250	0,10 - 0,35	120 - 220	0,20 - 0,60	80 - 180	0,40 - 0,80	60 - 150	0,60 - 1,00
2.1	Автоматные стали	850 - 1000	200 - 300	0,05 - 0,15	150 - 200	0,10 - 0,35	120 - 180	0,20 - 0,60	80 - 160	0,40 - 0,80	60 - 130	0,60 - 1,00
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	200 - 350	0,05 - 0,15	150 - 250	0,10 - 0,35	120 - 220	0,20 - 0,60	80 - 180	0,40 - 0,80	60 - 150	0,60 - 1,00
3.1	Нелег. улучш. стали	700 - 850	200 - 350	0,05 - 0,15	150 - 250	0,10 - 0,35	120 - 220	0,20 - 0,60	80 - 180	0,40 - 0,80	60 - 150	0,60 - 1,00
3.2	Нелег. улучш. стали	850 - 1000	200 - 300	0,05 - 0,15	150 - 200	0,10 - 0,35	120 - 180	0,20 - 0,60	80 - 160	0,40 - 0,80	60 - 130	0,60 - 1,00
4.0	Лег. улучш. стали	850 - 1000	200 - 300	0,05 - 0,15	150 - 250	0,10 - 0,35	120 - 220	0,20 - 0,60	80 - 180	0,40 - 0,80	60 - 150	0,60 - 1,00
4.1	Лег. улучш. стали	1000 - 1200	100 - 200	0,05 - 0,15	100 - 150	0,10 - 0,35	80 - 180	0,20 - 0,60	80 - 160	0,40 - 0,80	-	-
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	200 - 350	0,05 - 0,15	150 - 250	0,10 - 0,35	120 - 220	0,20 - 0,60	80 - 180	0,40 - 0,80	60 - 150	0,60 - 1,00
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	200 - 300	0,05 - 0,15	150 - 200	0,10 - 0,35	120 - 180	0,20 - 0,60	80 - 160	0,40 - 0,80	60 - 130	0,60 - 1,00
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	100 - 200	0,05 - 0,15	100 - 150	0,10 - 0,35	80 - 150	0,20 - 0,60	50 - 100	0,40 - 0,80	-	-
7.0	Азотируемые стали	< 1000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7.1	Азотируемые стали	> 1000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8.0	Инструментал. стали	< 850	200 - 300	0,05 - 0,15	150 - 200	0,10 - 0,35	120 - 220	0,20 - 0,60	80 - 180	0,40 - 0,80	60 - 150	0,60 - 1,00
8.1	Инструментал. стали	850 - 1100	100 - 150	0,05 - 0,15	100 - 150	0,10 - 0,35	100 - 180	0,20 - 0,60	80 - 160	0,40 - 0,80	60 - 130	0,60 - 1,00
8.2	Инструментал. стали	1100 - 1400	80 - 150	0,05 - 0,15	80 - 150	0,10 - 0,35	80 - 180	0,20 - 0,60	-	-	-	-
9.0	Быстрореж. стали	830 - 1200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10.0	Закалённые стали	45-55 HRC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10.1	Закалённые стали	55-60 HRC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10.2	Закалённые стали	60-67 HRC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11.0	Износост. констр. стали	1350	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11.1	Износост. констр. стали	1800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12.0	Пружинные стали	< 1500	80 - 150	0,05 - 0,15	80 - 150	0,10 - 0,35	80 - 180	0,20 - 0,60	-	-	-	-
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14.0	Спец. сплавы	< 1200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15.0	Чугун	< 180 HB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15.1	Чугун	> 180 HB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16.1	Титан, титановые сплавы	850 - 1200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17.2	Лит. алюм. сплавы >10 % Si	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18.0	Медь, низколегир.	< 400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	200 - 250	0,05 - 0,15	150 - 200	0,10 - 0,35	120 - 180	0,20 - 0,45	80 - 160	0,30 - 0,60	-	-
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	200 - 250	0,05 - 0,15	150 - 200	0,10 - 0,35	120 - 180	0,20 - 0,45	80 - 160	0,30 - 0,60	-	-
18.4	Бронза, короткоструж.	650 - 850	200 - 250	0,05 - 0,15	150 - 200	0,10 - 0,35	120 - 180	0,20 - 0,45	80 - 160	0,30 - 0,60	-	-
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18.6	Бронза, длинноструж.	850 - 1200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19.0	Графит	-	250 - 300	0,05 - 0,15	150 - 250	0,10 - 0,30	120 - 220	0,20 - 0,45	80 - 180	0,30 - 0,60	-	-
20.0	Термопласт	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20.1	Реактопласт	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20.2	Стекло- и углепластик	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Токарная обработка

**Таблица 9.10 Токарная обработка 0°
Тип пластины DNMG
Твёрдый сплав, кермет**



Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм ²]	Стружколом							
			SF Тонкое точение a _p = 0,1–1 мм		SS Чистовая обработка a _p = 0,5–2 мм		SM Получистовая обработка a _p = 1,5–4 мм		SG Черновая обработка a _p = 2–6 мм	
			v _c [м/мин]	f [мм/об]	v _c [м/мин]	f [мм/об]	v _c [м/мин]	f [мм/об]	v _c [м/мин]	f [мм/об]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	200 – 300	0,05 – 0,15	150 – 250	0,10 – 0,30	120 – 220	0,20 – 0,45	80 – 180	0,30 – 0,60
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	200 – 300	0,05 – 0,15	150 – 250	0,10 – 0,30	120 – 220	0,20 – 0,45	80 – 180	0,30 – 0,60
2.0	Автоматные стали	< 850	200 – 300	0,05 – 0,15	150 – 250	0,10 – 0,30	120 – 220	0,20 – 0,45	80 – 180	0,30 – 0,60
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	200 – 250	0,05 – 0,15	150 – 200	0,10 – 0,30	120 – 180	0,20 – 0,45	80 – 160	0,30 – 0,60
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	200 – 300	0,05 – 0,15	150 – 250	0,10 – 0,30	120 – 220	0,20 – 0,45	80 – 180	0,30 – 0,60
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	200 – 300	0,05 – 0,15	150 – 250	0,10 – 0,30	120 – 220	0,20 – 0,45	80 – 180	0,30 – 0,60
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	200 – 250	0,05 – 0,15	150 – 200	0,10 – 0,30	120 – 180	0,20 – 0,45	80 – 160	0,30 – 0,60
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	200 – 250	0,05 – 0,15	150 – 250	0,10 – 0,30	120 – 220	0,20 – 0,45	80 – 180	0,30 – 0,60
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	100 – 150	0,10 – 0,15	100 – 150	0,10 – 0,30	80 – 180	0,20 – 0,45	–	–
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	200 – 300	0,05 – 0,15	150 – 250	0,10 – 0,30	120 – 220	0,20 – 0,45	80 – 180	0,30 – 0,60
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	200 – 250	0,05 – 0,15	150 – 200	0,10 – 0,30	120 – 180	0,20 – 0,45	80 – 160	0,30 – 0,60
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	100 – 150	0,05 – 0,15	100 – 150	0,10 – 0,30	80 – 150	0,20 – 0,45	–	–
7.0	Азотируемые стали	< 1000	–	–	–	–	–	–	–	–
7.1	Азотируемые стали	> 1000	–	–	–	–	–	–	–	–
8.0	Инструментал. стали	< 850	200 – 250	0,05 – 0,15	150 – 200	0,10 – 0,30	120 – 220	0,20 – 0,45	80 – 180	0,30 – 0,60
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	80 – 120	0,05 – 0,15	80 – 150	0,10 – 0,30	80 – 180	0,20 – 0,45	80 – 160	0,30 – 0,60
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	–	–	–	–	–	–	–	–
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	–	–	–	–	–	–	–	–
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–
11.0	Износост. констр. стали	1350	–	–	–	–	–	–	–	–
11.1	Износост. констр. стали	1800	–	–	–	–	–	–	–	–
12.0	Пружинные стали	< 1500	80 – 120	0,05 – 0,15	80 – 150	0,10 – 0,30	80 – 180	0,20 – 0,45	–	–
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	–	–	–	–	–	–	–	–
13.1	Нерж. аустенит. стали	< 700	–	–	–	–	–	–	–	–
13.2	Нерж. аустенит. стали	< 850	–	–	–	–	–	–	–	–
13.3	Нерж. мартенсит. стали	< 1100	–	–	–	–	–	–	–	–
14.0	Спец. сплавы	< 1200	–	–	–	–	–	–	–	–
15.0	Чугун	< 180 HB	–	–	–	–	–	–	–	–
15.1	Чугун	> 180 HB	–	–	–	–	–	–	–	–
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	–	–	–	–	–	–	–	–
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	–	–	–	–	–	–	–	–
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	–	–	–	–	–	–	–	–
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	–	–	–	–	–	–	–	–
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	–	–	–	–	–	–	–	–
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.	–	–	–	–	–	–	–	–	–
17.2	Лит. алюм. сплавы >10 % Si	–	–	–	–	–	–	–	–	–
18.0	Медь, низколегир.	< 400	–	–	–	–	–	–	–	–
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	200 – 250	0,05 – 0,15	150 – 200	0,10 – 0,30	120 – 180	0,20 – 0,45	80 – 160	0,30 – 0,60
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	–	–	–	–	–	–	–	–
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	200 – 250	0,05 – 0,15	150 – 200	0,10 – 0,30	120 – 180	0,20 – 0,45	80 – 160	0,30 – 0,60
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	200 – 250	0,05 – 0,15	150 – 200	0,10 – 0,30	120 – 180	0,20 – 0,45	80 – 160	0,30 – 0,60
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	–	–	–	–	–	–	–	–
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	–	–	–	–	–	–	–	–
19.0	Графит	–	250 – 300	0,05 – 0,15	150 – 250	0,10 – 0,30	120 – 220	0,20 – 0,45	80 – 180	0,30 – 0,60
20.0	Термопласт	–	–	–	–	–	–	–	–	–
20.1	Реактопласт	–	–	–	–	–	–	–	–	–
20.2	Стекло- и углепластик	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Таблица 9.11 Токарная обработка 0°
Тип пластины **KNUX**
Твёрдый сплав



Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм ²]	Стружколом					
			R Правая пластина a _p = 2-6 мм		R1 Правая пластина a _p = 1-4 мм		R2 Правая пластина a _p = 2-6 мм	
			v _c [м/мин]	f [мм/об]	v _c [м/мин]	f [мм/об]	v _c [м/мин]	f [мм/об]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
2.0	Автоматные стали	< 850	100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	100 – 150	0,25 – 0,50	200 – 270	0,20 – 0,50	160 – 200	0,35 – 0,70
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	100 – 150	0,25 – 0,50	200 – 270	0,20 – 0,50	160 – 200	0,35 – 0,70
7.0	Азотируемые стали	< 1000	–	–	–	–	–	–
7.1	Азотируемые стали	> 1000	–	–	–	–	–	–
8.0	Инструментал. стали	< 850	100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	80 – 120	0,25 – 0,50	180 – 220	0,20 – 0,50	140 – 170	0,35 – 0,70
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	–	–	–	–	–	–
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	–	–	–	–	–	–
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	–	–	–	–	–	–
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	–	–	–	–	–	–
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	–	–	–	–	–	–
11.0	Износост. констр. стали	1350	–	–	–	–	–	–
11.1	Износост. констр. стали	1800	–	–	–	–	–	–
12.0	Пружинные стали	< 1500	80 – 120	0,25 – 0,50	180 – 220	0,20 – 0,50	140 – 170	0,35 – 0,70
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
14.0	Спец. сплавы	< 1200	–	–	–	–	–	–
15.0	Чугун	< 180 HB	100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
15.1	Чугун	> 180 HB	100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	–	–	–	–	–	–
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	–	–	–	–	–	–
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	–	–	–	–	–	–
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.	–	–	–	300 – 600	0,20 – 0,50	250 – 550	0,20 – 0,50
17.2	Лит. алюм. сплавы > 10% Si	–	–	–	300 – 600	0,20 – 0,50	250 – 550	0,20 – 0,50
18.0	Медь, низколегир.	< 400	–	–	–	–	–	–
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	–	–	–	–	–	–
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	–	–	–	–	–	–
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	–	–	–	–	–	–
19.0	Графит	–	100 – 230	0,25 – 0,50	200 – 300	0,20 – 0,50	160 – 250	0,35 – 0,70
20.0	Термопласт	–	–	–	–	–	–	–
20.1	Реактопласт	–	–	–	–	–	–	–
20.2	Стекло- и углепластик	–	–	–	–	–	–	–



Стружколом					
L Левая пластина a _p = 2-6 мм		L1 Левая пластина a _p = 1-4 мм		L2 Левая пластина a _p = 2-6 мм	
v _c [м/мин]	f [мм/об]	v _c [м/мин]	f [мм/об]	v _c [м/мин]	f [мм/об]
100 - 230	0,25 - 0,50	200 - 300	0,20 - 0,50	160 - 250	0,35 - 0,70
100 - 230	0,25 - 0,50	200 - 300	0,20 - 0,50	160 - 250	0,35 - 0,70
100 - 230	0,25 - 0,50	200 - 300	0,20 - 0,50	160 - 250	0,35 - 0,70
100 - 230	0,25 - 0,50	200 - 300	0,20 - 0,50	160 - 250	0,35 - 0,70
100 - 230	0,25 - 0,50	200 - 300	0,20 - 0,50	160 - 250	0,35 - 0,70
100 - 230	0,25 - 0,50	200 - 300	0,20 - 0,50	160 - 250	0,35 - 0,70
100 - 230	0,25 - 0,50	200 - 300	0,20 - 0,50	160 - 250	0,35 - 0,70
100 - 230	0,25 - 0,50	200 - 300	0,20 - 0,50	160 - 250	0,35 - 0,70
100 - 150	0,25 - 0,50	200 - 270	0,20 - 0,50	160 - 200	0,35 - 0,70
100 - 230	0,25 - 0,50	200 - 300	0,20 - 0,50	160 - 250	0,35 - 0,70
100 - 230	0,25 - 0,50	200 - 300	0,20 - 0,50	160 - 250	0,35 - 0,70
100 - 150	0,25 - 0,50	200 - 270	0,20 - 0,50	160 - 200	0,35 - 0,70
100 - 230	0,25 - 0,50	200 - 270	0,20 - 0,50	160 - 200	0,35 - 0,70
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
100 - 230	0,25 - 0,50	200 - 300	0,20 - 0,50	160 - 250	0,35 - 0,70
80 - 120	0,25 - 0,50	180 - 220	0,20 - 0,50	140 - 170	0,35 - 0,70
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
80 - 120	0,25 - 0,50	180 - 220	0,20 - 0,50	140 - 170	0,35 - 0,70
100 - 230	0,25 - 0,50	200 - 300	0,20 - 0,50	160 - 250	0,35 - 0,70
100 - 230	0,25 - 0,50	200 - 300	0,20 - 0,50	160 - 250	0,35 - 0,70
100 - 230	0,25 - 0,50	200 - 300	0,20 - 0,50	160 - 250	0,35 - 0,70
100 - 230	0,25 - 0,50	200 - 300	0,20 - 0,50	160 - 250	0,35 - 0,70
-	-	-	-	-	-
100 - 230	0,25 - 0,50	200 - 300	0,20 - 0,50	160 - 250	0,35 - 0,70
100 - 230	0,25 - 0,50	200 - 300	0,20 - 0,50	160 - 250	0,35 - 0,70
100 - 230	0,25 - 0,50	200 - 300	0,20 - 0,50	160 - 250	0,35 - 0,70
100 - 230	0,25 - 0,50	200 - 300	0,20 - 0,50	160 - 250	0,35 - 0,70
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	300 - 600	0,20 - 0,50	250 - 550	0,20 - 0,50
-	-	300 - 600	0,20 - 0,50	250 - 550	0,20 - 0,50
-	-	-	-	-	-
100 - 230	0,25 - 0,50	200 - 300	0,20 - 0,50	160 - 250	0,35 - 0,70
-	-	-	-	-	-
100 - 230	0,25 - 0,50	200 - 300	0,20 - 0,50	160 - 250	0,35 - 0,70
100 - 230	0,25 - 0,50	200 - 300	0,20 - 0,50	160 - 250	0,35 - 0,70
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
100 - 230	0,25 - 0,50	200 - 300	0,20 - 0,50	160 - 250	0,35 - 0,70
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-

Токарная обработка

Таблица 9.12 Токарная обработка 0°

Тип пластины **SNMG**
Твёрдый сплав



Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм ²]	Стружколом							
			SM Получистовая обработка a _p = 2–5 мм		SG Черновая обработка a _p = 3–6 мм		SR Грубая обработка a _p = 4–8 мм		GM Получистовая обработка a _p = 1–5 мм	
			v _c [м/мин]	f [мм/об]	v _c [м/мин]	f [мм/об]	v _c [м/мин]	f [мм/об]	v _c [м/мин]	f [мм/об]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	120 – 220	0,20 – 0,60	80 – 180	0,40 – 0,60	60 – 150	0,50 – 0,90	–	–
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	120 – 220	0,20 – 0,60	80 – 180	0,40 – 0,60	60 – 150	0,50 – 0,90	–	–
2.0	Автоматные стали	< 850	120 – 220	0,20 – 0,60	80 – 180	0,40 – 0,60	60 – 150	0,50 – 0,90	–	–
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	120 – 180	0,20 – 0,60	80 – 160	0,40 – 0,60	60 – 130	0,50 – 0,90	–	–
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	120 – 220	0,20 – 0,60	80 – 180	0,40 – 0,60	60 – 150	0,50 – 0,90	–	–
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	120 – 220	0,20 – 0,60	80 – 180	0,40 – 0,60	60 – 150	0,50 – 0,90	–	–
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	120 – 180	0,20 – 0,60	80 – 160	0,40 – 0,60	60 – 130	0,50 – 0,90	–	–
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	120 – 220	0,20 – 0,60	80 – 180	0,40 – 0,60	60 – 150	0,50 – 0,90	–	–
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	80 – 180	0,20 – 0,60	80 – 160	0,40 – 0,60	–	–	–	–
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	120 – 220	0,20 – 0,60	80 – 180	0,40 – 0,60	60 – 150	0,50 – 0,90	–	–
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	120 – 180	0,20 – 0,60	80 – 160	0,40 – 0,60	60 – 130	0,50 – 0,90	–	–
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	80 – 150	0,20 – 0,60	50 – 100	0,40 – 0,60	–	–	–	–
7.0	Азотируемые стали	< 1000	–	–	–	–	–	–	–	–
7.1	Азотируемые стали	> 1000	–	–	–	–	–	–	–	–
8.0	Инструментал. стали	< 850	120 – 220	0,20 – 0,60	80 – 180	0,40 – 0,60	60 – 150	0,50 – 0,90	–	–
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	80 – 180	0,20 – 0,60	80 – 160	0,40 – 0,60	60 – 130	0,50 – 0,90	–	–
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	–	–	–	–	–	–	–	–
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	–	–	–	–	–	–	–	–
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–
11.0	Износост. констр. стали	1350	–	–	–	–	–	–	–	–
11.1	Износост. констр. стали	1800	–	–	–	–	–	–	–	–
12.0	Пружинные стали	< 1500	80 – 180	0,20 – 0,60	80 – 160	0,40 – 0,60	–	–	–	–
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	–	–	–	–	–	–	–	–
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	–	–	–	–	–	–	–	–
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	–	–	–	–	–	–	–	–
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	–	–	–	–	–	–	–	–
14.0	Спец. сплавы	< 1200	–	–	–	–	–	–	–	–
15.0	Чугун	< 180 HB	–	–	–	–	–	–	150 – 300	0,20 – 0,60
15.1	Чугун	> 180 HB	–	–	–	–	–	–	130 – 250	0,20 – 0,60
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	–	–	–	–	–	–	130 – 250	0,20 – 0,60
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	–	–	–	–	–	–	100 – 200	0,20 – 0,60
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	–	–	–	–	–	–	–	–
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	–	–	–	–	–	–	–	–
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	–	–	–	–	–	–	–	–
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.	–	–	–	–	–	–	–	–	–
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si	–	–	–	–	–	–	–	–	–
18.0	Медь, низколегир.	< 400	–	–	–	–	–	–	–	–
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	120 – 180	0,20 – 0,60	80 – 160	0,40 – 0,60	60 – 130	0,50 – 0,90	–	–
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	–	–	–	–	–	–	–	–
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	120 – 180	0,20 – 0,60	80 – 160	0,40 – 0,60	60 – 130	0,50 – 0,90	–	–
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	120 – 180	0,20 – 0,60	80 – 160	0,40 – 0,60	60 – 130	0,50 – 0,90	–	–
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	–	–	–	–	–	–	–	–
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	–	–	–	–	–	–	–	–
19.0	Графит	–	120 – 220	0,20 – 0,60	80 – 180	0,40 – 0,60	60 – 150	0,50 – 0,90	–	–
20.0	Термопласт	–	–	–	–	–	–	–	–	–
20.1	Реактопласт	–	–	–	–	–	–	–	–	–
20.2	Стекло- и углепластик	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Таблица 9.13 Токарная обработка 0°
Тип пластины VNMG
Твёрдый сплав, кермет



Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Стружколом					
			SM Получистовая обработка $a_p = 1,5-5$ мм		VF Тонкое точение $a_p = 0,5-2$ мм		VM Получистовая обработка $a_p = 1,5-5$ мм	
			v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	200 – 350	0,20 – 0,60	200 – 300	0,05 – 0,65	–	–
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	200 – 350	0,20 – 0,60	200 – 300	0,05 – 0,65	–	–
2.0	Автоматные стали	< 850	200 – 350	0,20 – 0,60	200 – 300	0,05 – 0,65	–	–
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	200 – 300	0,20 – 0,60	–	–	–	–
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	200 – 350	0,20 – 0,60	200 – 300	0,05 – 0,65	–	–
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	200 – 350	0,20 – 0,60	–	–	–	–
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	200 – 300	0,20 – 0,60	–	–	–	–
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	200 – 300	0,20 – 0,60	–	–	–	–
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	100 – 200	0,20 – 0,60	–	–	–	–
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	200 – 350	0,20 – 0,60	200 – 300	0,05 – 0,65	–	–
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	200 – 300	0,20 – 0,60	–	–	–	–
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	100 – 200	0,20 – 0,60	–	–	–	–
7.0	Азотируемые стали	< 1000	–	–	–	–	–	–
7.1	Азотируемые стали	> 1000	–	–	–	–	–	–
8.0	Инструментал. стали	< 850	200 – 300	0,20 – 0,60	–	–	–	–
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	80 – 150	0,20 – 0,60	–	–	–	–
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	–	–	–	–	–	–
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	–	–	–	–	–	–
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	–	–	–	–	–	–
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	–	–	–	–	–	–
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	–	–	–	–	–	–
11.0	Износост. констр. стали	1350	–	–	–	–	–	–
11.1	Износост. констр. стали	1800	–	–	–	–	–	–
12.0	Пружинные стали	< 1500	80 – 150	0,20 – 0,60	–	–	–	–
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	–	–	200 – 300	0,05 – 0,65	120 – 220	0,20 – 0,60
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	–	–	200 – 300	0,05 – 0,65	120 – 220	0,20 – 0,60
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	–	–	180 – 250	0,05 – 0,65	100 – 220	0,20 – 0,60
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	–	–	180 – 250	0,05 – 0,65	100 – 220	0,20 – 0,60
14.0	Спец. сплавы	< 1200	–	–	–	–	–	–
15.0	Чугун	< 180 HB	–	–	–	–	–	–
15.1	Чугун	> 180 HB	–	–	–	–	–	–
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	–	–	–	–	–	–
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	–	–	–	–	–	–
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	–	–	–	–	–	–
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	–	–	–	–	–	–
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	–	–	–	–	–	–
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.	–	–	–	–	–	–	–
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si	–	–	–	–	–	–	–
18.0	Медь, низколегир.	< 400	–	–	200 – 300	0,05 – 0,65	–	–
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	200 – 300	0,20 – 0,60	–	–	–	–
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	–	–	–	–	–	–
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	200 – 300	0,20 – 0,60	–	–	–	–
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	200 – 300	0,20 – 0,60	–	–	–	–
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	–	–	–	–	–	–
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	–	–	–	–	–	–
19.0	Графит	–	250 – 350	0,20 – 0,60	–	–	–	–
20.0	Термопласт	–	–	–	–	–	–	–
20.1	Реактопласт	–	–	–	–	–	–	–
20.2	Стекло- и углепластик	–	–	–	–	–	–	–

Таблица 9.14 Токарная обработка 0°
Тип пластины TNMG
Твёрдый сплав



Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Стружколом					
			SS Чистовая обработка a _p = 0,5–2 мм		SM Получистовая обработка a _p = 2–5 мм		SG Черновая обработка a _p = 3–6 мм	
			v _c [м/мин]	f [мм/об]	v _c [м/мин]	f [мм/об]	v _c [м/мин]	f [мм/об]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	150 – 250	0,10 – 0,35	120 – 220	0,20 – 0,60	80 – 180	0,40 – 0,60
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	150 – 250	0,10 – 0,35	120 – 220	0,20 – 0,60	80 – 180	0,40 – 0,60
2.0	Автоматные стали	< 850	150 – 250	0,10 – 0,35	120 – 220	0,20 – 0,60	80 – 180	0,40 – 0,60
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	150 – 200	0,10 – 0,35	120 – 180	0,20 – 0,60	80 – 160	0,40 – 0,60
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	150 – 250	0,10 – 0,35	120 – 220	0,20 – 0,60	80 – 180	0,40 – 0,60
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	150 – 250	0,10 – 0,35	120 – 220	0,20 – 0,60	80 – 180	0,40 – 0,60
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	150 – 200	0,10 – 0,35	120 – 180	0,20 – 0,60	80 – 160	0,40 – 0,60
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	150 – 250	0,10 – 0,35	120 – 220	0,20 – 0,60	80 – 180	0,40 – 0,60
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	100 – 150	0,10 – 0,35	80 – 180	0,20 – 0,60	80 – 160	0,40 – 0,60
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	150 – 250	0,10 – 0,35	120 – 220	0,20 – 0,60	80 – 180	0,40 – 0,60
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	150 – 200	0,10 – 0,35	120 – 180	0,20 – 0,60	80 – 160	0,40 – 0,60
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	100 – 150	0,10 – 0,35	80 – 150	0,20 – 0,60	50 – 100	0,40 – 0,60
7.0	Азотируемые стали	< 1000	–	–	–	–	–	–
7.1	Азотируемые стали	> 1000	–	–	–	–	–	–
8.0	Инструментал. стали	< 850	150 – 200	0,10 – 0,35	120 – 220	0,20 – 0,60	80 – 180	0,40 – 0,60
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	80 – 150	0,10 – 0,35	80 – 180	0,20 – 0,60	80 – 160	0,40 – 0,60
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	–	–	–	–	–	–
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	–	–	–	–	–	–
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	–	–	–	–	–	–
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	–	–	–	–	–	–
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	–	–	–	–	–	–
11.0	Износост. констр. стали	1350	–	–	–	–	–	–
11.1	Износост. констр. стали	1800	–	–	–	–	–	–
12.0	Пружинные стали	< 1500	80 – 150	0,10 – 0,35	80 – 180	0,20 – 0,60	80 – 160	0,40 – 0,60
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	–	–	–	–	–	–
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	–	–	–	–	–	–
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	–	–	–	–	–	–
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	–	–	–	–	–	–
14.0	Спец. сплавы	< 1200	–	–	–	–	–	–
15.0	Чугун	< 180 HB	–	–	–	–	–	–
15.1	Чугун	> 180 HB	–	–	–	–	–	–
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	–	–	–	–	–	–
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	–	–	–	–	–	–
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	–	–	–	–	–	–
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	–	–	–	–	–	–
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	–	–	–	–	–	–
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.	–	–	–	–	–	–	–
17.2	Лит. алюм. сплавы >10 % Si	–	–	–	–	–	–	–
18.0	Медь, низколегир.	< 400	–	–	–	–	–	–
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	150 – 200	0,10 – 0,35	120 – 180	0,20 – 0,60	80 – 160	0,40 – 0,60
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	–	–	–	–	–	–
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	150 – 200	0,10 – 0,35	120 – 180	0,20 – 0,60	80 – 160	0,40 – 0,60
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	150 – 200	0,10 – 0,35	120 – 180	0,20 – 0,60	80 – 160	0,40 – 0,60
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	–	–	–	–	–	–
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	–	–	–	–	–	–
19.0	Графит	–	150 – 250	0,10 – 0,35	120 – 220	0,20 – 0,60	80 – 180	0,40 – 0,60
20.0	Термопласт	–	–	–	–	–	–	–
20.1	Реактопласт	–	–	–	–	–	–	–
20.2	Стекло- и углепластик	–	–	–	–	–	–	–

Таблица 9.15 Токарная обработка 0°
Тип пластины WNMG
Твёрдый сплав, кермет



Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм ²]	Стружкойлом							
			SS Чистовая обработка		SM Получистовая обработка		SG Черновая обработка		VF Тонкое точение	
			$a_p = 0,5-2 \text{ мм}$		$a_p = 1,5-3,5 \text{ мм}$		$a_p = 2-6 \text{ мм}$		$a_p = 0,5-1 \text{ мм}$	
		v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	v_c [м/мин]	f [мм/об]	
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	120 – 200	0,05 – 0,12	80 – 320	0,15 – 0,30	80 – 180	0,40 – 0,70	–	–
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	120 – 200	0,05 – 0,12	80 – 320	0,15 – 0,30	80 – 180	0,40 – 0,70	–	–
2.0	Автоматные стали	< 850	120 – 200	0,05 – 0,12	80 – 320	0,15 – 0,30	80 – 180	0,40 – 0,70	–	–
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	120 – 200	0,05 – 0,12	12 – 180	0,15 – 0,30	80 – 160	0,40 – 0,70	–	–
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	120 – 200	0,05 – 0,12	80 – 320	0,15 – 0,30	80 – 180	0,40 – 0,70	–	–
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	120 – 200	0,05 – 0,12	80 – 320	0,15 – 0,30	80 – 180	0,40 – 0,70	–	–
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	120 – 150	0,10 – 0,35	80 – 220	0,15 – 0,30	80 – 160	0,40 – 0,70	–	–
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	120 – 200	0,05 – 0,12	80 – 320	0,15 – 0,30	80 – 180	0,40 – 0,70	–	–
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	120 – 150	0,05 – 0,12	80 – 220	0,15 – 0,30	80 – 160	0,40 – 0,70	–	–
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	120 – 200	0,05 – 0,12	80 – 320	0,15 – 0,30	80 – 180	0,40 – 0,70	–	–
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	120 – 150	0,05 – 0,12	80 – 220	0,15 – 0,30	80 – 160	0,40 – 0,70	–	–
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	80 – 120	0,05 – 0,12	60 – 180	0,15 – 0,30	50 – 100	0,40 – 0,70	–	–
7.0	Азотируемые стали	< 1000	–	–	–	–	–	–	–	–
7.1	Азотируемые стали	> 1000	–	–	–	–	–	–	–	–
8.0	Инструментал. стали	< 850	120 – 150	0,05 – 0,12	80 – 220	0,15 – 0,30	80 – 180	0,40 – 0,70	–	–
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	80 – 120	0,05 – 0,12	60 – 180	0,15 – 0,30	60 – 160	0,40 – 0,70	–	–
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	60 – 100	0,05 – 0,12	50 – 150	0,15 – 0,30	50 – 130	0,40 – 0,70	–	–
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	–	–	–	–	–	–	–	–
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–
11.0	Износост. констр. стали	1350	–	–	–	–	–	–	–	–
11.1	Износост. констр. стали	1800	–	–	–	–	–	–	–	–
12.0	Пружинные стали	< 1500	60 – 100	0,05 – 0,12	50 – 150	0,15 – 0,30	50 – 130	0,40 – 0,70	–	–
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	–	–	–	–	–	–	200 – 350	0,05 – 0,15
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	–	–	–	–	–	–	200 – 350	0,05 – 0,15
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	–	–	–	–	–	–	180 – 250	0,05 – 0,15
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	–	–	–	–	–	–	180 – 250	0,05 – 0,15
14.0	Спец. сплавы	< 1200	–	–	–	–	–	–	–	–
15.0	Чугун	< 180 HB	–	–	–	–	–	–	–	–
15.1	Чугун	> 180 HB	–	–	–	–	–	–	–	–
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	–	–	–	–	–	–	–	–
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	–	–	–	–	–	–	–	–
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	–	–	–	–	–	–	–	–
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	–	–	–	–	–	–	–	–
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	–	–	–	–	–	–	–	–
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.	–	–	–	–	–	–	–	–	–
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si	–	–	–	–	–	–	–	–	–
18.0	Медь, низколегир.	< 400	–	–	–	–	–	–	–	–
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	120 – 150	0,05 – 0,12	80 – 220	0,15 – 0,30	80 – 160	0,40 – 0,70	–	–
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	–	–	–	–	–	–	–	–
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	120 – 150	0,05 – 0,12	80 – 220	0,15 – 0,30	80 – 160	0,40 – 0,70	–	–
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	120 – 150	0,05 – 0,12	80 – 220	0,15 – 0,30	80 – 160	0,40 – 0,70	–	–
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	–	–	–	–	–	–	–	–
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	–	–	–	–	–	–	–	–
19.0	Графит	–	120 – 200	0,05 – 0,12	80 – 320	0,15 – 0,30	80 – 180	0,40 – 0,70	–	–
20.0	Термопласт	–	–	–	–	–	–	–	–	–
20.1	Реактопласт	–	–	–	–	–	–	–	–	–
20.2	Стекло- и углепластик	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Таблица 9.16 Токарная обработка 0°
Тип пластины CNMA, DNMA, VNMA
КНБ



Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм ²]	CNMA					
			Исполнение режущих кромок					
			F a _p = 0,05–0,2 мм		G a _p = 0,1–0,3 мм		T a _p = 0,1–0,3 мм	
v _c [м/мин]	f [мм/об]	v _c [м/мин]	f [мм/об]	v _c [м/мин]	f [мм/об]	v _c [м/мин]	f [мм/об]	
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	–	–	–	–	–	–
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	–	–	–	–	–	–
2.0	Автоматные стали	< 850	–	–	–	–	–	–
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	–	–	–	–	–	–
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	–	–	–	–	–	–
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	–	–	–	–	–	–
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	–	–	–	–	–	–
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	–	–	–	–	–	–
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	–	–	–	–	–	–
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	–	–	–	–	–	–
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	–	–	–	–	–	–
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	–	–	–	–	–	–
7.0	Азотируемые стали	< 1000	–	–	–	–	–	–
7.1	Азотируемые стали	> 1000	–	–	–	–	–	–
8.0	Инструментал. стали	< 850	–	–	–	–	–	–
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	–	–	–	–	–	–
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	–	–	–	–	–	–
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	–	–	–	–	–	–
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	–	–	100 – 200	0,10 – 0,20	100 – 140	0,10 – 0,20
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	120 – 220	0,08 – 0,15	100 – 200	0,10 – 0,20	100 – 140	0,10 – 0,20
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	120 – 220	0,08 – 0,15	–	–	–	–
11.0	Износост. констр. стали	1350	–	–	–	–	–	–
11.1	Износост. констр. стали	1800	–	–	–	–	–	–
12.0	Пружинные стали	< 1500	–	–	–	–	–	–
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	–	–	–	–	–	–
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	–	–	–	–	–	–
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	–	–	–	–	–	–
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	–	–	–	–	–	–
14.0	Спец. сплавы	< 1200	–	–	–	–	–	–
15.0	Чугун	< 180 HB	–	–	–	–	–	–
15.1	Чугун	> 180 HB	–	–	–	–	–	–
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	–	–	–	–	–	–
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	–	–	–	–	–	–
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	–	–	–	–	–	–
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	–	–	–	–	–	–
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм.	до 350	–	–	–	–	–	–
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.	–	–	–	–	–	–	–
17.2	Лит. алюм. сплавы >10 % Si	–	–	–	–	–	–	–
18.0	Медь, низколегир.	< 400	–	–	–	–	–	–
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	–	–	–	–	–	–
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	–	–	–	–	–	–
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	–	–	–	–	–	–
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	–	–	–	–	–	–
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	–	–	–	–	–	–
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	–	–	–	–	–	–
19.0	Графит	–	–	–	–	–	–	–
20.0	Термопласт	–	–	–	–	–	–	–
20.1	Реактопласт	–	–	–	–	–	–	–
20.2	Стекло- и углепластик	–	–	–	–	–	–	–

Таблица 9.17 Токарная обработка 0°
Тип пластины CNGN, DNGN, SNGN; TNGN
Керамика

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм ²]	Черновая обработка		
			Н		
			v _c [м/мин]	f [мм/об]	a _p [мм]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	–	–	–
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	–	–	–
2.0	Автоматные стали	< 850	–	–	–
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	–	–	–
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	–	–	–
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	–	–	–
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	150 – 400	0,2 – 0,5	2,0 – 5,0
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	150 – 400	0,2 – 0,5	2,0 – 5,0
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	150 – 400	0,2 – 0,5	2,0 – 5,0
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	–	–	–
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	150 – 400	0,2 – 0,5	2,0 – 5,0
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	150 – 400	0,2 – 0,5	2,0 – 5,0
7.0	Азотируемые стали	< 1000	–	–	–
7.1	Азотируемые стали	> 1000	–	–	–
8.0	Инструментал. стали	< 850	–	–	–
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	150 – 400	0,2 – 0,5	2,0 – 5,0
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	130 – 300	0,1 – 0,4	1,5 – 3,0
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	150 – 400	0,2 – 0,5	2,0 – 5,0
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	20 – 100	0,1 – 0,2	0,5 – 1,5
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	20 – 100	0,1 – 0,2	0,5 – 1,5
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	–	–	–
11.0	Износост. констр. стали	1350	150 – 400	0,2 – 0,5	2,0 – 5,0
11.1	Износост. констр. стали	1800	130 – 300	0,1 – 0,4	1,5 – 3,0
12.0	Пружинные стали	< 1500	130 – 300	0,1 – 0,4	1,5 – 3,0
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	–	–	–
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	–	–	–
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	–	–	–
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	–	–	–
14.0	Спец. сплавы	< 1200	–	–	–
15.0	Чугун	< 180 HB	–	–	–
15.1	Чугун	> 180 HB	–	–	–
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	–	–	–
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	–	–	–
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	–	–	–
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	–	–	–
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	–	–	–
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.	–	–	–	–
17.2	Лит. алюм. сплавы >10 % Si	–	–	–	–
18.0	Медь, низколегир.	< 400	–	–	–
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	–	–	–
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	–	–	–
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	–	–	–
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	–	–	–
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	–	–	–
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	–	–	–
19.0	Графит	–	–	–	–
20.0	Термопласт	–	–	–	–
20.1	Реактопласт	–	–	–	–
20.2	Стекло- и углепластик	–	–	–	–

Таблица 9.18 Токарная обработка 7°
Тип пластины СС.Т.
Твёрдый сплав, кермет



Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм ²]	Стружколом							
			ALU a _p = 0,5–2 мм		SF Тонкое точение a _p = 0,1–2 мм		SS Чистовая обработка a _p = 0,1–2 мм		SM Получистовая обработка a _p = 0,5–3 мм	
			v _c [м/мин]	f [мм/об]	v _c [м/мин]	f [мм/об]	v _c [м/мин]	f [мм/об]	v _c [м/мин]	f [мм/об]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	120 – 350	0,05 – 0,25	80 – 320	0,15 – 0,30
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	120 – 350	0,05 – 0,25	80 – 320	0,15 – 0,30
2.0	Автоматные стали	< 850	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	120 – 350	0,05 – 0,25	80 – 320	0,15 – 0,30
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	120 – 350	0,05 – 0,25	80 – 320	0,15 – 0,30
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	120 – 350	0,05 – 0,25	80 – 320	0,15 – 0,30
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	120 – 350	0,05 – 0,25	80 – 320	0,15 – 0,30
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	120 – 320	0,05 – 0,25	80 – 280	0,15 – 0,30
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	120 – 320	0,05 – 0,25	80 – 280	0,15 – 0,30
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	–	–	80 – 200	0,05 – 0,27	100 – 280	0,05 – 0,25	60 – 250	0,15 – 0,30
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	120 – 350	0,05 – 0,25	80 – 320	0,15 – 0,30
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	120 – 320	0,05 – 0,25	80 – 280	0,15 – 0,30
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	–	–	80 – 200	0,05 – 0,27	100 – 280	0,05 – 0,25	60 – 250	0,15 – 0,30
7.0	Азотируемые стали	< 1000	–	–	–	–	–	–	–	–
7.1	Азотируемые стали	> 1000	–	–	–	–	–	–	–	–
8.0	Инструментал. стали	< 850	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	120 – 320	0,05 – 0,25	80 – 280	0,15 – 0,30
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	–	–	80 – 200	0,05 – 0,27	100 – 280	0,05 – 0,25	60 – 250	0,15 – 0,30
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	–	–	80 – 150	0,05 – 0,27	100 – 150	0,05 – 0,25	60 – 200	0,15 – 0,30
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	–	–	–	–	–	–	–	–
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–
11.0	Износост. констр. стали	1350	–	–	–	–	–	–	–	–
11.1	Износост. констр. стали	1800	–	–	–	–	–	–	–	–
12.0	Пружинные стали	< 1500	–	–	80 – 150	0,05 – 0,27	100 – 150	0,05 – 0,25	60 – 200	0,15 – 0,30
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	–	–	–	–	–	–	–	–
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	–	–	–	–	–	–	–	–
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	–	–	–	–	–	–	–	–
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	–	–	–	–	–	–	–	–
14.0	Спец. сплавы	< 1200	–	–	–	–	–	–	–	–
15.0	Чугун	< 180 HB	–	–	–	–	120 – 350	0,025 – 0,25	–	–
15.1	Чугун	> 180 HB	–	–	–	–	120 – 350	0,05 – 0,25	–	–
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	–	–	–	–	120 – 350	0,05 – 0,25	–	–
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	–	–	–	–	120 – 320	0,05 – 0,25	–	–
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	–	–	–	–	–	–	–	–
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	–	–	–	–	–	–	–	–
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	350 – 600	0,05 – 0,30	–	–	–	–	–	–
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		350 – 600	0,05 – 0,30	–	–	–	–	–	–
17.2	Лит. алюм. сплавы >10 % Si		350 – 500	0,05 – 0,25	–	–	–	–	–	–
18.0	Медь, низколегир.	< 400	–	–	–	–	–	–	–	–
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	120 – 320	0,05 – 0,25	80 – 280	0,15 – 0,30
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	–	–	–	–	–	–	–	–
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	120 – 320	0,05 – 0,25	80 – 280	0,15 – 0,30
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	120 – 320	0,05 – 0,25	80 – 280	0,15 – 0,30
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	–	–	–	–	–	–	–	–
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	–	–	–	–	–	–	–	–
19.0	Графит		–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	120 – 350	0,05 – 0,25	80 – 320	0,15 – 0,30
20.0	Термопласт		–	–	–	–	–	–	–	–
20.1	Реактопласт		–	–	–	–	–	–	–	–
20.2	Стекло- и углепластик		–	–	–	–	–	–	–	–

Таблица 9.19 Токарная обработка 7°
Тип пластины DC.T.
Твёрдый сплав, кермет



Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм²]	Стружколом							
			ALU a _p = 0,5–2 мм		SF Тонкое точение a _p = 0,1–2 мм		SS Чистовая обработка a _p = 0,1–2 мм		SM Получистовая обработка a _p = 0,5–3 мм	
			v _c [м/мин]	f [мм/об]	v _c [м/мин]	f [мм/об]	v _c [м/мин]	f [мм/об]	v _c [м/мин]	f [мм/об]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	120 – 350	0,05 – 0,25	80 – 320	0,15 – 0,30
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	120 – 350	0,05 – 0,25	80 – 320	0,15 – 0,30
2.0	Автоматные стали	< 850	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	120 – 350	0,05 – 0,25	80 – 320	0,15 – 0,30
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	120 – 350	0,05 – 0,25	80 – 320	0,15 – 0,30
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	120 – 350	0,05 – 0,25	80 – 320	0,15 – 0,30
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	120 – 350	0,05 – 0,25	80 – 320	0,15 – 0,30
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	120 – 320	0,05 – 0,25	80 – 280	0,15 – 0,30
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	120 – 320	0,05 – 0,25	80 – 280	0,15 – 0,30
4.1	Лег. улучш. стали	1000 –	–	–	80 – 200	0,05 – 0,27	100 – 280	0,05 – 0,25	60 – 250	0,15 – 0,30
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	120 – 350	0,05 – 0,25	80 – 320	0,15 – 0,30
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	120 – 320	0,05 – 0,25	80 – 280	0,15 – 0,30
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	–	–	80 – 200	0,05 – 0,27	100 – 280	0,05 – 0,25	60 – 250	0,15 – 0,30
7.0	Азотируемые стали	< 1000	–	–	–	–	–	–	–	–
7.1	Азотируемые стали	> 1000	–	–	–	–	–	–	–	–
8.0	Инструментал. стали	< 850	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	120 – 320	0,05 – 0,25	80 – 280	0,15 – 0,30
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	–	–	80 – 200	0,05 – 0,27	100 – 280	0,05 – 0,25	60 – 250	0,15 – 0,30
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	–	–	80 – 150	0,05 – 0,27	100 – 150	0,05 – 0,25	60 – 200	0,15 – 0,30
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	–	–	–	–	–	–	–	–
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–
11.0	Износост. констр. стали	1350	–	–	–	–	–	–	–	–
11.1	Износост. констр. стали	1800	–	–	–	–	–	–	–	–
12.0	Пружинные стали	< 1500	–	–	80 – 150	0,05 – 0,27	100 – 150	0,05 – 0,25	60 – 200	0,15 – 0,30
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	–	–	–	–	–	–	–	–
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	–	–	–	–	–	–	–	–
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	–	–	–	–	–	–	–	–
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	–	–	–	–	–	–	–	–
14.0	Спец. сплавы	< 1200	–	–	–	–	–	–	–	–
15.0	Чугун	< 180 HB	–	–	–	–	–	–	–	–
15.1	Чугун	> 180 HB	–	–	–	–	–	–	–	–
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	–	–	–	–	–	–	–	–
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	–	–	–	–	–	–	–	–
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	–	–	–	–	–	–	–	–
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	–	–	–	–	–	–	–	–
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	350 – 600	0,05 – 0,30	–	–	–	–	–	–
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		350 – 600	0,05 – 0,30	–	–	–	–	–	–
17.2	Лит. алюм. сплавы >10 % Si		350 – 500	0,05 – 0,25	–	–	–	–	–	–
18.0	Медь, низколегир.	< 400	–	–	–	–	–	–	–	–
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	120 – 320	0,05 – 0,25	80 – 280	0,15 – 0,30
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	–	–	–	–	–	–	–	–
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	120 – 320	0,05 – 0,25	80 – 280	0,15 – 0,30
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	120 – 320	0,05 – 0,25	80 – 280	0,15 – 0,30
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	–	–	–	–	–	–	–	–
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	–	–	–	–	–	–	–	–
19.0	Графит		–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	120 – 350	0,05 – 0,25	80 – 320	0,15 – 0,30
20.0	Термопласт		–	–	–	–	–	–	–	–
20.1	Реактопласт		–	–	–	–	–	–	–	–
20.2	Стекло- и углепластик		–	–	–	–	–	–	–	–

**Таблица 9.20 Токарная обработка 7°
Тип пластины SC.T.
Твёрдый сплав**



Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм ²]	Стружколом					
			ALU		SF Тонкое точение		SM Получистовая обработка	
			a _p = 0,5–2 мм		a _p = 0,1–2 мм		a _p = 0,5–3 мм	
		v _c [м/мин]	f [мм/об]	v _c [м/мин]	f [мм/об]	v _c [м/мин]	f [мм/об]	
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	80 – 320	0,10 – 0,30
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	80 – 320	0,10 – 0,30
2.0	Автоматные стали	< 850	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	80 – 320	0,10 – 0,30
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	80 – 320	0,10 – 0,30
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	80 – 320	0,10 – 0,30
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	80 – 320	0,10 – 0,30
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	80 – 280	0,10 – 0,30
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	80 – 280	0,10 – 0,30
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	–	–	80 – 200	0,05 – 0,27	60 – 250	0,10 – 0,30
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	80 – 320	0,10 – 0,30
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	80 – 280	0,10 – 0,30
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	–	–	80 – 200	0,05 – 0,27	60 – 250	0,10 – 0,30
7.0	Азотируемые стали	< 1000	–	–	–	–	–	–
7.1	Азотируемые стали	> 1000	–	–	–	–	–	–
8.0	Инструментал. стали	< 850	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	80 – 280	0,10 – 0,30
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	–	–	80 – 200	0,05 – 0,27	60 – 250	0,10 – 0,30
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	–	–	80 – 150	0,05 – 0,27	60 – 200	0,10 – 0,30
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	–	–	–	–	–	–
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	–	–	–	–	–	–
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	–	–	–	–	–	–
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	–	–	–	–	–	–
11.0	Износост. констр. стали	1350	–	–	–	–	–	–
11.1	Износост. констр. стали	1800	–	–	–	–	–	–
12.0	Пружинные стали	< 1500	–	–	80 – 150	0,05 – 0,27	60 – 200	0,10 – 0,30
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	–	–	–	–	–	–
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	–	–	–	–	–	–
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	–	–	–	–	–	–
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	–	–	–	–	–	–
14.0	Спец. сплавы	< 1200	–	–	–	–	–	–
15.0	Чугун	< 180 НВ	–	–	–	–	–	–
15.1	Чугун	> 180 НВ	–	–	–	–	–	–
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 НВ	–	–	–	–	–	–
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 НВ	–	–	–	–	–	–
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	–	–	–	–	–	–
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	–	–	–	–	–	–
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	350	0,05 – 0,30	–	–	–	–
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.	–	– 600	0,05 – 0,30	–	–	–	–
17.2	Лит. алюм. сплавы >10 % Si	–	– 500	0,05 – 0,25	–	–	–	–
18.0	Медь, низколегир.	< 400	–	–	–	–	–	–
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	80 – 280	0,10 – 0,30
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	–	–	–	–	–	–
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	80 – 280	0,10 – 0,30
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	80 – 280	0,10 – 0,30
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	–	–	–	–	–	–
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	–	–	–	–	–	–
19.0	Графит	–	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	80 – 320	0,10 – 0,30
20.0	Термопласт	–	–	–	–	–	–	–
20.1	Реактопласт	–	–	–	–	–	–	–
20.2	Стекло- и углепластик	–	–	–	–	–	–	–

Таблица 9.21 Токарная обработка 7°

Тип пластины ТС.Т.

Твёрдый сплав, кермет



Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм ²]	Стружколом							
			ALU a _p = 0,5–2 мм		SF Тонкое точение a _p = 0,1–2 мм		SS Чистовая обработка a _p = 0,1–2 мм		SM Получистовая обработка a _p = 0,5–3 мм	
			v _c [м/мин]	f [мм/об]	v _c [м/мин]	f [мм/об]	v _c [м/мин]	f [мм/об]	v _c [м/мин]	f [мм/об]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	12 – 350	0,05 – 0,25	80 – 320	0,15 – 0,30
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	12 – 350	0,05 – 0,25	80 – 320	0,15 – 0,30
2.0	Автоматные стали	< 850	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	12 – 350	0,05 – 0,25	80 – 320	0,15 – 0,30
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	12 – 350	0,05 – 0,25	80 – 320	0,15 – 0,30
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	12 – 350	0,05 – 0,25	80 – 320	0,15 – 0,30
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	12 – 350	0,05 – 0,25	80 – 320	0,15 – 0,30
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	12 – 320	0,05 – 0,25	80 – 280	0,15 – 0,30
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	12 – 320	0,05 – 0,25	80 – 280	0,15 – 0,30
4.1	Лег. улучш. стали	1000 –	–	–	80 – 200	0,05 – 0,27	10 – 280	0,05 – 0,25	60 – 250	0,15 – 0,30
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	12 – 350	0,05 – 0,25	80 – 320	0,15 – 0,30
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	12 – 320	0,05 – 0,25	80 – 280	0,15 – 0,30
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	–	–	80 – 200	0,05 – 0,27	10 – 280	0,05 – 0,25	60 – 250	0,15 – 0,30
7.0	Азотируемые стали	< 1000	–	–	–	–	–	–	–	–
7.1	Азотируемые стали	> 1000	–	–	–	–	–	–	–	–
8.0	Инструментал. стали	< 850	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	12 – 320	0,05 – 0,25	80 – 280	0,15 – 0,30
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	–	–	80 – 200	0,05 – 0,27	10 – 280	0,05 – 0,25	60 – 250	0,15 – 0,30
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	–	–	80 – 150	0,05 – 0,27	10 – 150	0,05 – 0,25	60 – 200	0,15 – 0,30
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	–	–	–	–	–	–	–	–
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–
11.0	Износост. констр. стали	1350	–	–	–	–	–	–	–	–
11.1	Износост. констр. стали	1800	–	–	–	–	–	–	–	–
12.0	Пружинные стали	< 1500	–	–	80 – 150	0,05 – 0,27	10 – 150	0,05 – 0,25	60 – 200	0,15 – 0,30
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	–	–	–	–	–	–	–	–
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	–	–	–	–	–	–	–	–
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	–	–	–	–	–	–	–	–
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	–	–	–	–	–	–	–	–
14.0	Спец. сплавы	< 1200	–	–	–	–	–	–	–	–
15.0	Чугун	< 180 HB	–	–	–	120 – 350	0,0 – 0,25	–	–	–
15.1	Чугун	> 180 HB	–	–	–	120 – 350	0,0 – 0,25	–	–	–
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	–	–	–	120 – 350	0,0 – 0,25	–	–	–
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	–	–	–	120 – 350	0,0 – 0,25	–	–	–
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	–	–	–	–	–	–	–	–
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	–	–	–	–	–	–	–	–
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	350 – 600	0,05 – 0,30	–	–	–	–	–	–
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		350 – 600	0,05 – 0,30	–	–	–	–	–	–
17.2	Лит. алюм. сплавы >10 % Si		350 – 500	0,05 – 0,25	–	–	–	–	–	–
18.0	Медь, низколегир.	< 400	–	–	–	–	–	–	–	–
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	12 – 320	0,05 – 0,25	80 – 280	0,15 – 0,30
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	–	–	–	–	–	–	–	–
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	12 – 320	0,05 – 0,25	80 – 280	0,15 – 0,30
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	12 – 320	0,05 – 0,25	80 – 280	0,15 – 0,30
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	–	–	–	–	–	–	–	–
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	–	–	–	–	–	–	–	–
19.0	Графит		–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	12 – 350	0,05 – 0,25	80 – 320	0,15 – 0,30
20.0	Термопласт		–	–	–	–	–	–	–	–
20.1	Реактопласт		–	–	–	–	–	–	–	–
20.2	Стекло- и углепластик		–	–	–	–	–	–	–	–

Таблица 9.22 Токарная обработка 7°

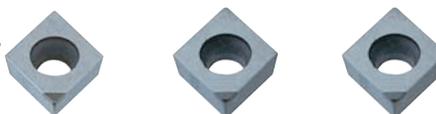
Тип пластины VC.T..

Твёрдый сплав, кермет



Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм ²]	Стружколом					
			ALU a _p = 0,5–2 мм		SF Тонкое точение a _p = 0,1–2 мм		SM Полулистовая обработка a _p = 0,1–2 мм	
			v _c [м/мин]	f [мм/об]	v _c [м/мин]	f [мм/об]	v _c [м/мин]	f [мм/об]
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	80 – 320	0,15 – 0,30
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	80 – 320	0,15 – 0,30
2.0	Автоматные стали	< 850	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	80 – 320	0,15 – 0,30
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	80 – 320	0,15 – 0,30
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	80 – 320	0,15 – 0,30
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	80 – 320	0,15 – 0,30
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	80 – 280	0,15 – 0,30
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	80 – 280	0,15 – 0,30
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	–	–	80 – 200	0,05 – 0,27	60 – 250	0,15 – 0,30
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	80 – 320	0,15 – 0,30
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	80 – 280	0,15 – 0,30
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	–	–	80 – 200	0,05 – 0,27	60 – 250	0,15 – 0,30
7.0	Азотируемые стали	< 1000	–	–	–	–	–	–
7.1	Азотируемые стали	> 1000	–	–	–	–	–	–
8.0	Инструментал. стали	< 850	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	80 – 280	0,15 – 0,30
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	–	–	80 – 200	0,05 – 0,27	60 – 250	0,15 – 0,30
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	–	–	80 – 150	0,05 – 0,27	60 – 200	0,15 – 0,30
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	–	–	–	–	–	–
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	–	–	–	–	–	–
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	–	–	–	–	–	–
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	–	–	–	–	–	–
11.0	Износост. констр. стали	1350	–	–	–	–	–	–
11.1	Износост. констр. стали	1800	–	–	–	–	–	–
12.0	Пружинные стали	< 1500	–	–	80 – 150	0,05 – 0,27	60 – 200	0,15 – 0,30
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	–	–	–	–	–	–
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	–	–	–	–	–	–
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	–	–	–	–	–	–
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	–	–	–	–	–	–
14.0	Спец. сплавы	< 1200	–	–	–	–	–	–
15.0	Чугун	< 180 HB	–	–	–	–	–	–
15.1	Чугун	> 180 HB	–	–	–	–	–	–
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	–	–	–	–	–	–
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	–	–	–	–	–	–
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	–	–	–	–	–	–
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	–	–	–	–	–	–
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	350 – 600	– 0,30 0,05	–	–	–	–
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		350 – 600	– 0,30	–	–	–	–
17.2	Лит. алюм. сплавы >10 % Si		350 – 500	– 0,25	–	–	–	–
18.0	Медь, низколегир.	< 400	–	–	–	–	–	–
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	80 – 280	0,15 – 0,30
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	–	–	–	–	–	–
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	80 – 280	0,15 – 0,30
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	–	–	100 – 220	0,05 – 0,27	80 – 280	0,15 – 0,30
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	–	–	–	–	–	–
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	–	–	–	–	–	–
19.0	Графит		–	–	100 – 250	0,05 – 0,27	80 – 320	0,15 – 0,30
20.0	Термопласт		–	–	–	–	–	–
20.1	Реактопласт		–	–	–	–	–	–
20.2	Стекло- и углепластик		–	–	–	–	–	–

Таблица 9.23 Токарная обработка 7°
Тип пластины CCMW, DCMW
КНБ



Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм ²]	CCMW					
			Исполнение режущих кромок					
			F a _p = 0,05–0,2 мм		G a _p = 0,1–0,3 мм		T a _p = 0,1–0,3 мм	
v _c [м/мин]	f [мм/об]	v _c [м/мин]	f [мм/об]	v _c [м/мин]	f [мм/об]	v _c [м/мин]	f [мм/об]	
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	–	–	–	–	–	–
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	–	–	–	–	–	–
2.0	Автоматные стали	< 850	–	–	–	–	–	–
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	–	–	–	–	–	–
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	–	–	–	–	–	–
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	–	–	–	–	–	–
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	–	–	–	–	–	–
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	–	–	–	–	–	–
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	–	–	–	–	–	–
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	–	–	–	–	–	–
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	–	–	–	–	–	–
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	–	–	–	–	–	–
7.0	Азотируемые стали	< 1000	–	–	–	–	–	–
7.1	Азотируемые стали	> 1000	–	–	–	–	–	–
8.0	Инструментал. стали	< 850	–	–	–	–	–	–
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	–	–	–	–	–	–
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	–	–	–	–	–	–
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	–	–	–	–	–	–
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	–	–	100 – 200	0,10 – 0,20	100 – 140	0,10 – 0,20
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	120 – 250	0,08 – 0,15	100 – 200	0,10 – 0,20	100 – 140	0,10 – 0,20
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	120 – 520	0,08 – 0,15	–	–	–	–
11.0	Износост. констр. стали	1350	–	–	–	–	–	–
11.1	Износост. констр. стали	1800	–	–	–	–	–	–
12.0	Пружинные стали	< 1500	–	–	–	–	–	–
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	–	–	–	–	–	–
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	–	–	–	–	–	–
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	–	–	–	–	–	–
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	–	–	–	–	–	–
14.0	Спец. сплавы	< 1200	–	–	–	–	–	–
15.0	Чугун	< 180 HB	–	–	–	–	–	–
15.1	Чугун	> 180 HB	–	–	–	–	–	–
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	–	–	–	–	–	–
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	–	–	–	–	–	–
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	–	–	–	–	–	–
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	–	–	–	–	–	–
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	–	–	–	–	–	–
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.	–	–	–	–	–	–	–
17.2	Лит. алюм. сплавы >10 % Si	–	–	–	–	–	–	–
18.0	Медь, низколегир.	< 400	–	–	–	–	–	–
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	–	–	–	–	–	–
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	–	–	–	–	–	–
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	–	–	–	–	–	–
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	–	–	–	–	–	–
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	–	–	–	–	–	–
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	–	–	–	–	–	–
19.0	Графит	–	–	–	–	–	–	–
20.0	Термопласт	–	–	–	–	–	–	–
20.1	Реактопласт	–	–	–	–	–	–	–
20.2	Стекло- и углепластик	–	–	–	–	–	–	–

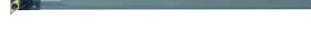
Таблица 9.24 GARANT – Резцы для чистового точения с использованием СМП 7° / 11° / 15°



Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм ²]	Геометрия СМП CDCT						Геометрия СМП TDAT					
			v _c [м/мин]		f [мм/об]		a _p [мм]		v _c [м/мин]		f [мм/об]		a _p [мм]	
			мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	46	107	0,254	0,076	0,050	0,229	46	107	0,229	0,050	0,076	0,229
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	46	107	0,254	0,076	0,050	0,229	46	107	0,229	0,050	0,076	0,229
2.0	Автоматные стали	< 850	46	107	0,254	0,076	0,050	0,229	46	107	0,229	0,050	0,076	0,229
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	46	107	0,254	0,076	0,050	0,229	46	107	0,229	0,050	0,076	0,229
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	46	107	0,254	0,076	0,050	0,229	46	107	0,229	0,050	0,076	0,229
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	46	107	0,254	0,076	0,050	0,229	46	107	0,229	0,050	0,076	0,229
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	46	107	0,254	0,076	0,050	0,229	46	107	0,229	0,050	0,076	0,229
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	46	107	0,254	0,076	0,050	0,229	46	107	0,229	0,050	0,076	0,229
4.1	Лег. улучш. стали	1000 –	30	76	0,254	0,076	0,050	0,229	30	76	0,229	0,050	0,076	0,229
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	30	76	0,254	0,076	0,050	0,229	30	76	0,229	0,050	0,050	0,229
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	30	76	0,254	0,076	0,050	0,229	30	76	0,229	0,050	0,050	0,229
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	30	76	0,254	0,076	0,050	0,229	30	76	0,229	0,050	0,050	0,229
7.0	Азотируемые стали	< 1000	23	61	0,229	0,076	0,050	0,178	23	61	0,102	0,025	0,050	0,178
7.1	Азотируемые стали	> 1000	23	61	0,229	0,076	0,050	0,178	23	61	0,102	0,025	0,050	0,178
8.0	Инструментал. стали	< 850	30	76	0,254	0,076	0,050	0,229	30	76	0,229	0,050	0,076	0,229
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	30	76	0,254	0,076	0,050	0,229	30	76	0,229	0,050	0,076	0,229
8.2	Инструментал. стали	1100 –	23	61	0,229	0,076	0,050	0,178	23	61	0,102	0,025	0,050	0,178
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	23	61	0,229	0,076	0,050	0,178	23	61	0,102	0,025	0,050	0,178
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
11.0	Износост. констр. стали	1350	23	61	0,229	0,076	0,050	0,178	23	61	0,102	0,025	0,050	0,178
11.1	Износост. констр. стали	1800	23	61	0,229	0,076	0,050	0,178	23	61	0,102	0,025	0,050	0,178
12.0	Пружинные стали	< 1500	30	76	0,254	0,076	0,050	0,229	30	76	0,229	0,050	0,076	0,229
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	46	107	0,254	0,076	0,050	0,229	46	107	0,229	0,050	0,076	0,229
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	46	91	0,254	0,076	0,050	0,229	46	91	0,229	0,050	0,076	0,229
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	46	76	0,229	0,050	0,076	0,254	46	76	0,229	0,050	0,076	0,254
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14.0	Спец. сплавы	< 1200	23	61	0,229	0,076	0,050	0,178	23	61	0,102	0,025	0,050	0,178
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 НВ	46	114	0,305	0,076	0,050	0,229	46	114	0,305	0,050	0,076	0,254
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 НВ	46	114	0,305	0,076	0,050	0,229	46	114	0,305	0,050	0,076	0,254
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 НВ	46	107	0,254	0,076	0,050	0,229	46	107	0,229	0,050	0,076	0,254
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 НВ	46	107	0,254	0,076	0,050	0,229	46	107	0,229	0,050	0,076	0,254
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	21	43	0,229	0,076	0,050	0,178	21	43	0,102	0,025	0,050	0,178
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	21	43	0,229	0,076	0,050	0,178	21	43	0,102	0,025	0,050	0,178
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	53	610	0,305	0,050	0,050	0,178	53	610	0,305	0,050	0,050	0,178
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		53	610	0,305	0,050	0,050	0,178	53	610	0,305	0,050	0,050	0,178
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si		46	183	0,305	0,050	0,050	0,762	46	183	0,305	0,050	0,050	0,762
18.0	Медь, низколегир.	< 400	53	457	0,305	0,050	0,050	0,762	53	457	0,305	0,050	0,050	0,762
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	53	457	0,305	0,050	0,050	0,762	53	457	0,305	0,050	0,050	0,762
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	53	213	0,305	0,050	0,050	0,762	53	213	0,305	0,050	0,050	0,762
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	53	213	0,305	0,050	0,050	0,762	53	213	0,305	0,050	0,050	0,762
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	53	213	0,305	0,050	0,050	0,762	53	213	0,305	0,050	0,050	0,762
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	53	213	0,305	0,050	0,050	0,762	53	213	0,305	0,050	0,050	0,762
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	53	213	0,305	0,050	0,050	0,762	53	213	0,305	0,050	0,050	0,762
19.0	Графит		–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
20.0	Термопласт		53	610	0,305	0,050	0,050	0,178	53	610	0,305	0,050	0,050	0,762
20.1	Реактопласт		53	610	0,305	0,050	0,050	0,178	53	610	0,305	0,050	0,050	0,762
20.2	Стекло- и углепластик		46	183	0,305	0,050	0,050	0,762	46	183	0,305	0,050	0,050	0,762

Примечание — При большой длине вылета следует использовать твёрдосплавные расточные державки.

Токарная обработка



Геометрия СМП ГССТ						Геометрия СМП ГРСТ						СОЖ
v _c		f		a _p		v _c		f		a _p		
мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	
46	- 107	0,229	- 0,050	0,076	- 0,381	46	- 107	0,229	- 0,050	0,076	- 0,254	сухая
46	- 107	0,229	- 0,050	0,076	- 0,381	46	- 107	0,229	- 0,050	0,076	- 0,254	сухая
46	- 107	0,229	- 0,050	0,076	- 0,381	46	- 107	0,229	- 0,050	0,076	- 0,254	сухая
46	- 107	0,229	- 0,050	0,076	- 0,381	46	- 107	0,229	- 0,050	0,076	- 0,254	сухая
46	- 107	0,229	- 0,050	0,076	- 0,381	46	- 107	0,229	- 0,050	0,076	- 0,254	сухая
46	- 107	0,229	- 0,050	0,076	- 0,381	46	- 107	0,229	- 0,050	0,076	- 0,254	сухая
46	- 107	0,229	- 0,050	0,076	- 0,381	46	- 107	0,229	- 0,050	0,076	- 0,254	сухая
46	- 107	0,229	- 0,050	0,076	- 0,381	46	- 107	0,229	- 0,050	0,076	- 0,254	сухая
30	- 76	0,229	- 0,050	0,076	- 0,381	30	- 76	0,229	- 0,050	0,076	- 0,254	эмульсия
30	- 76	0,229	- 0,050	0,076	- 0,381	30	- 76	0,229	- 0,050	0,076	- 0,254	сухая
30	- 76	0,229	- 0,050	0,076	- 0,381	30	- 76	0,229	- 0,050	0,076	- 0,254	сухая
30	- 76	0,229	- 0,050	0,076	- 0,381	30	- 76	0,229	- 0,050	0,076	- 0,254	эмульсия
23	- 61	0,178	- 0,050	0,050	- 0,178	23	- 61	0,178	- 0,050	0,076	- 0,229	эмульсия
23	- 61	0,178	- 0,050	0,050	- 0,178	23	- 61	0,178	- 0,050	0,076	- 0,229	эмульсия
30	- 76	0,229	- 0,050	0,076	- 0,381	30	- 76	0,229	- 0,050	0,076	- 0,254	сухая
30	- 76	0,229	- 0,050	0,076	- 0,381	30	- 76	0,229	- 0,050	0,076	- 0,254	эмульсия
23	- 61	0,178	- 0,050	0,050	- 0,178	23	- 61	0,178	- 0,050	0,076	- 0,229	эмульсия
23	- 61	0,178	- 0,050	0,050	- 0,178	23	- 61	0,178	- 0,050	0,076	- 0,229	эмульсия
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	- 61	0,178	- 0,050	0,050	- 0,178	23	- 61	0,178	- 0,050	0,050	- 0,229	эмульсия
23	- 61	0,178	- 0,050	0,050	- 0,178	23	- 61	0,178	- 0,050	0,050	- 0,229	эмульсия
30	- 76	0,229	- 0,050	0,076	- 0,381	30	- 76	0,229	- 0,050	0,076	- 0,254	эмульсия
46	- 107	0,229	- 0,050	0,076	- 0,381	46	- 107	0,229	- 0,050	0,076	- 0,254	сухая
46	- 91	0,229	- 0,050	0,076	- 0,381	46	- 91	0,229	- 0,050	0,076	- 0,254	сухая
46	- 76	0,229	- 0,050	0,076	- 0,381	46	- 76	0,229	- 0,050	0,076	- 0,254	эмульсия
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	- 61	0,178	- 0,050	0,050	- 0,178	23	- 61	0,178	- 0,050	0,076	- 0,229	эмульсия
46	- 114	0,229	- 0,050	0,076	- 0,431	46	- 114	0,229	- 0,050	0,076	- 0,305	сухая
46	- 114	0,229	- 0,050	0,076	- 0,431	46	- 114	0,229	- 0,050	0,076	- 0,305	сухая
46	- 107	0,229	- 0,050	0,076	- 0,431	46	- 107	0,229	- 0,050	0,076	- 0,254	сухая
46	- 107	0,229	- 0,050	0,076	- 0,431	46	- 107	0,229	- 0,050	0,076	- 0,254	сухая
21	- 43	0,178	- 0,050	0,050	- 0,305	21	- 43	0,178	- 0,050	0,076	- 0,229	эмульсия
21	- 43	0,178	- 0,050	0,050	- 0,305	21	- 43	0,178	- 0,050	0,076	- 0,229	эмульсия
53	- 610	0,305	- 0,076	0,076	- 1,651	53	- 610	0,305	- 0,076	0,076	- 1,651	эмульсия
53	- 610	0,305	- 0,076	0,076	- 1,651	53	- 610	0,305	- 0,076	0,076	- 1,651	эмульсия
46	- 183	0,305	- 0,076	0,076	- 1,651	46	- 183	0,305	- 0,076	0,076	- 1,651	эмульсия
53	- 457	0,305	- 0,076	0,076	- 1,651	53	- 457	0,305	- 0,076	0,076	- 1,651	эмульсия
53	- 457	0,305	- 0,076	0,076	- 1,651	53	- 457	0,305	- 0,076	0,076	- 1,651	сухая
53	- 213	0,305	- 0,076	0,076	- 1,651	53	- 213	0,305	- 0,076	0,076	- 1,651	эмульсия
53	- 213	0,305	- 0,076	0,076	- 1,651	53	- 213	0,305	- 0,076	0,076	- 1,651	сухая
53	- 213	0,305	- 0,076	0,076	- 1,651	53	- 213	0,305	- 0,076	0,076	- 1,651	сухая
53	- 213	0,305	- 0,076	0,076	- 1,651	53	- 213	0,305	- 0,076	0,076	- 1,651	эмульсия
53	- 213	0,305	- 0,076	0,076	- 1,651	53	- 213	0,305	- 0,076	0,076	- 1,651	эмульсия
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
53	- 610	0,305	- 0,076	0,076	- 1,651	53	- 213	0,305	- 0,076	0,076	- 1,651	эмульсия
53	- 213	0,305	- 0,076	0,076	- 1,651	53	- 213	0,305	- 0,076	0,076	- 1,651	эмульсия
53	- 213	0,305	- 0,076	0,076	- 1,651	53	- 213	0,305	- 0,076	0,076	- 1,651	эмульсия

Таблица 9.25 КОМЕТ – Сменные цельнотвердосплавные резцы UniTurn

Каталож. №: 240110; 240111; 240114; 240115; 240118; 240119; 240122; 240123; 240126; 240127; 240130; 240131; 240134; 240135

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм ²]	L ₂ / D _{min} < 3								
			v _c [м/мин]			f [мм/об]			a _p [мм]		
			мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	30	– 100	– 180	0,010	– 0,02	– 0,030	0,02	– 0,08	– 0,15
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	30	– 90	– 130	0,010	– 0,02	– 0,030	0,02	– 0,08	– 0,15
2.0	Автоматные стали	< 850	30	– 90	– 130	0,010	– 0,02	– 0,030	0,02	– 0,08	– 0,15
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	20	– 80	– 120	0,010	– 0,02	– 0,030	0,02	– 0,08	– 0,15
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	30	– 90	– 130	0,010	– 0,02	– 0,030	0,02	– 0,08	– 0,15
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	20	– 80	– 120	0,010	– 0,02	– 0,030	0,02	– 0,08	– 0,15
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	30	– 100	– 180	0,010	– 0,02	– 0,030	0,02	– 0,08	– 0,15
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	20	– 80	– 120	0,005	– 0,01	– 0,025	0,02	– 0,08	– 0,15
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	20	– 80	– 120	0,005	– 0,01	– 0,025	0,02	– 0,08	– 0,15
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	30	– 90	– 130	0,005	– 0,01	– 0,025	0,02	– 0,08	– 0,15
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	20	– 80	– 120	0,005	– 0,01	– 0,025	0,02	– 0,08	– 0,15
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	20	– 80	– 120	0,005	– 0,01	– 0,025	0,02	– 0,08	– 0,15
7.0	Азотируемые стали	< 1000	5	– 30	– 50	0,005	– 0,01	– 0,025	0,02	– 0,05	– 0,08
7.1	Азотируемые стали	> 1000	5	– 30	– 50	0,005	– 0,01	– 0,025	0,02	– 0,05	– 0,08
8.0	Инструментал. стали	< 850	20	– 80	– 120	0,005	– 0,01	– 0,025	0,02	– 0,07	– 0,10
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	15	– 70	– 100	0,005	– 0,01	– 0,025	0,02	– 0,07	– 0,10
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	15	– 70	– 100	0,005	– 0,01	– 0,025	0,02	– 0,07	– 0,10
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	15	– 70	– 100	0,005	– 0,01	– 0,025	0,02	– 0,07	– 0,10
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–	–
11.0	Износост. констр. стали	1350	5	– 30	– 50	0,005	– 0,01	– 0,025	0,02	– 0,05	– 0,08
11.1	Износост. констр. стали	1800	5	– 30	– 50	0,005	– 0,01	– 0,025	0,02	– 0,05	– 0,08
12.0	Пружинные стали	< 1500	5	– 30	– 50	0,005	– 0,01	– 0,025	0,02	– 0,05	– 0,08
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	10	– 50	– 80	0,005	– 0,01	– 0,025	0,02	– 0,07	– 0,10
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	10	– 50	– 80	0,005	– 0,01	– 0,025	0,02	– 0,07	– 0,10
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	10	– 50	– 80	0,005	– 0,01	– 0,025	0,02	– 0,07	– 0,10
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	10	– 50	– 80	0,005	– 0,01	– 0,025	0,02	– 0,07	– 0,10
14.0	Спец. сплавы	< 1200	5	– 30	– 50	0,005	– 0,01	– 0,025	0,02	– 0,05	– 0,08
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	15	– 55	– 90	0,010	– 0,02	– 0,035	0,05	– 0,10	– 0,25
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	15	– 55	– 90	0,010	– 0,02	– 0,035	0,05	– 0,10	– 0,25
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	15	– 55	– 90	0,010	– 0,02	– 0,035	0,05	– 0,10	– 0,25
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	15	– 55	– 90	0,010	– 0,02	– 0,035	0,05	– 0,10	– 0,25
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	5	– 30	– 50	0,005	– 0,01	– 0,025	0,02	– 0,05	– 0,08
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	5	– 30	– 50	0,005	– 0,01	– 0,025	0,02	– 0,05	– 0,08
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	30	– 180	– 300	0,010	– 0,02	– 0,040	0,02	– 0,4	– 0,5
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		30	– 180	– 300	0,010	– 0,02	– 0,040	0,02	– 0,4	– 0,5
17.2	Лит. алюм. сплавы >10 % Si		30	– 160	– 250	0,010	– 0,02	– 0,040	0,02	– 0,4	– 0,5
18.0	Медь, низколегир.	< 400	30	– 160	– 250	0,010	– 0,02	– 0,040	0,02	– 0,4	– 0,5
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	30	– 160	– 250	0,010	– 0,02	– 0,040	0,02	– 0,4	– 0,5
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	30	– 160	– 250	0,010	– 0,02	– 0,040	0,02	– 0,4	– 0,5
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	30	– 160	– 250	0,010	– 0,02	– 0,040	0,02	– 0,4	– 0,5
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	30	– 160	– 250	0,010	– 0,02	– 0,040	0,02	– 0,4	– 0,5
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	30	– 160	– 250	0,010	– 0,02	– 0,040	0,02	– 0,4	– 0,5
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	30	– 160	– 250	0,010	– 0,02	– 0,040	0,02	– 0,4	– 0,5
19.0	Графит		30	– 160	– 250	0,010	– 0,02	– 0,040	0,02	– 0,4	– 0,5
20.0	Термопласт		30	– 180	– 300	0,010	– 0,02	– 0,040	0,02	– 0,4	– 0,5
20.1	Реактопласт		30	– 180	– 300	0,010	– 0,02	– 0,040	0,02	– 0,4	– 0,5
20.2	Стекло- и углепластик		30	– 180	– 300	0,010	– 0,02	– 0,040	0,02	– 0,4	– 0,5

L ₂ / D _{min} = 3-5								
V _c [м/мин]			f [мм/об]			a _p [мм]		
мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.
30	120	150	0,010	0,02	0,025	0,02	0,07	0,10
30	120	150	0,010	0,02	0,025	0,02	0,07	0,10
30	120	150	0,010	0,02	0,025	0,02	0,07	0,10
30	120	150	0,010	0,02	0,025	0,02	0,07	0,10
30	120	150	0,010	0,02	0,025	0,02	0,07	0,10
30	120	150	0,010	0,02	0,025	0,02	0,07	0,10
30	120	150	0,010	0,02	0,025	0,02	0,07	0,10
20	80	120	0,005	0,01	0,020	0,02	0,07	0,10
20	80	120	0,005	0,01	0,020	0,02	0,07	0,10
30	120	150	0,010	0,02	0,025	0,02	0,07	0,10
20	80	120	0,005	0,01	0,020	0,02	0,07	0,10
20	80	120	0,005	0,01	0,020	0,02	0,07	0,10
5	30	50	0,005	0,01	0,020	0,02	0,07	0,10
5	30	50	0,005	0,01	0,020	0,02	0,07	0,10
15	70	100	0,005	0,01	0,020	0,02	0,07	0,10
15	70	100	0,005	0,01	0,020	0,02	0,07	0,10
15	70	100	0,005	0,01	0,020	0,02	0,07	0,10
15	70	100	0,005	0,01	0,020	0,02	0,07	0,10
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	30	50	0,005	0,01	0,020	0,02	0,06	0,10
5	30	50	0,005	0,01	0,020	0,02	0,06	0,10
5	30	50	0,005	0,01	0,020	0,02	0,06	0,10
10	50	80	0,005	0,01	0,020	0,02	0,07	0,10
10	50	80	0,005	0,01	0,020	0,02	0,07	0,10
10	50	80	0,005	0,01	0,020	0,02	0,07	0,10
10	50	80	0,005	0,01	0,020	0,02	0,07	0,10
5	30	50	0,005	0,01	0,020	0,02	0,06	0,10
15	55	90	0,010	0,02	0,030	0,03	0,10	0,20
15	55	90	0,010	0,02	0,030	0,03	0,10	0,20
15	55	90	0,010	0,02	0,030	0,03	0,10	0,20
15	55	90	0,010	0,02	0,030	0,03	0,10	0,20
5	30	50	0,005	0,01	0,020	0,02	0,06	0,10
5	30	50	0,005	0,01	0,020	0,02	0,06	0,10
30	180	300	0,010	0,02	0,040	0,03	0,15	0,30
30	180	300	0,010	0,02	0,040	0,03	0,15	0,30
30	160	250	0,010	0,02	0,040	0,03	0,15	0,30
30	160	250	0,010	0,02	0,040	0,03	0,15	0,30
30	160	250	0,010	0,02	0,040	0,03	0,15	0,30
30	160	250	0,010	0,02	0,040	0,03	0,15	0,30
30	160	250	0,010	0,02	0,040	0,03	0,15	0,30
30	160	250	0,010	0,02	0,040	0,03	0,15	0,30
30	160	250	0,010	0,02	0,040	0,03	0,15	0,30
30	160	250	0,010	0,02	0,040	0,03	0,15	0,30
30	180	300	0,010	0,02	0,040	0,03	0,15	0,30
30	180	300	0,010	0,02	0,040	0,03	0,15	0,30
30	180	300	0,010	0,02	0,040	0,03	0,15	0,30

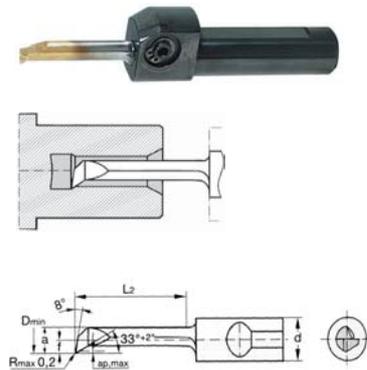


Таблица 9.26 **GARANT – Токарно-сверлильный инструмент «5 в 1» 1,5xD/2,25xD**
Каталож. № **268900/268901; 268905/268906 с пластиной WCHX**
Рабочая режущая кромка 1

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм ²]	HУ 70AL ALU V _c [м/мин]			HВ 7120 SM V _c [м/мин]			HВ 7130 UNI V _c [м/мин]		
			мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	–	–	–	180 – 220 – 320	160 – 200 – 280	–	–	–	
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	–	–	–	150 – 200 – 300	140 – 190 – 260	–	–	–	
2.0	Автоматные стали	< 850	–	–	–	180 – 230 – 350	160 – 220 – 300	–	–	–	
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	–	–	–	160 – 210 – 320	140 – 190 – 280	–	–	–	
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	–	–	–	170 – 200 – 300	120 – 180 – 250	–	–	–	
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	–	–	–	150 – 180 – 255	100 – 140 – 200	–	–	–	
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	–	–	–	100 – 140 – 200	70 – 110 – 180	–	–	–	
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	–	–	–	80 – 130 – 160	70 – 110 – 160	–	–	–	
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	–	–	–	70 – 110 – 140	50 – 90 – 150	–	–	–	
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	–	–	–	150 – 180 – 250	80 – 120 – 200	–	–	–	
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	–	–	–	120 – 150 – 200	70 – 110 – 180	–	–	–	
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	–	–	–	90 – 130 – 160	70 – 120 – 150	–	–	–	
7.0	Азотируемые стали	< 1000	–	–	–	130 – 160 – 215	50 – 100 – 180	–	–	–	
7.1	Азотируемые стали	> 1000	–	–	–	80 – 110 – 140	50 – 80 – 120	–	–	–	
8.0	Инструментал. стали	< 850	–	–	–	120 – 140 – 180	70 – 120 – 150	–	–	–	
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	–	–	–	100 – 120 – 160	60 – 110 – 140	–	–	–	
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	–	–	–	70 – 110 – 120	50 – 90 – 100	–	–	–	
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	–	–	–	–	–	–	–	–	
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–	
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–	
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–	
11.0	Износост. констр. стали	1350	–	–	–	–	–	–	–	–	
11.1	Износост. констр. стали	1800	–	–	–	–	–	–	–	–	
12.0	Пружинные стали	< 1500	–	–	–	–	–	–	–	–	
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	–	–	–	90 – 120 – 160	90 – 120 – 160	–	–	–	
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	–	–	–	100 – 140 – 200	80 – 110 – 150	–	–	–	
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	–	–	–	100 – 140 – 200	50 – 90 – 125	–	–	–	
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	–	–	–	70 – 110 – 120	40 – 65 – 90	–	–	–	
14.0	Спец. сплавы	< 1200	–	–	–	–	–	–	–	–	
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 HB	–	–	–	–	–	–	–	–	
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 HB	–	–	–	–	–	–	–	–	
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 HB	–	–	–	–	–	–	–	–	
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 HB	–	–	–	–	–	–	–	–	
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	–	–	–	–	–	–	–	–	
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	–	–	–	–	–	–	–	–	
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	400 – 600 – 2400	–	–	–	–	–	–	–	
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.	–	240 – 400 – 950	–	–	–	–	–	–	–	
17.2	Лит. алюм. сплавы >10% Si	–	160 – 300 – 800	–	–	–	–	–	–	–	
18.0	Медь, низколегир.	< 400	200 – 350 – 520	–	–	–	–	–	–	–	
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	200 – 400 – 800	–	–	–	–	–	–	–	
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	200 – 350 – 600	–	–	–	–	–	–	–	
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	120 – 200 – 320	–	–	–	–	–	–	–	
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	100 – 190 – 280	–	–	–	–	–	–	–	
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	100 – 180 – 230	–	–	–	–	–	–	–	
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	80 – 110 – 180	–	–	–	–	–	–	–	
19.0	Графит	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
20.0	Термопласт	–	400 – 600 – 2400	–	–	–	–	–	–	–	
20.1	Реактопласт	–	240 – 400 – 950	–	–	–	–	–	–	–	
20.2	Стекло- и углепластик	–	160 – 300 – 800	–	–	–	–	–	–	–	

Примечание — При обработке материалов повышенной прочности (≥ 1000 Н/мм²) начинайте врезание с минимальной подачи ($f = 0,01/0,02$ мм), а после врезания на 1 мм увеличивайте подачу до табличного значения. Параметры резания для сверления содержатся в таблице 3.50 (глава Сверление).



Токарно-сверлильный инструмент «5 в 1» – режимы резания – [Информация](#)

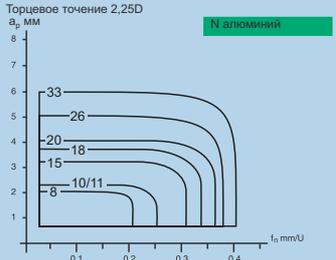
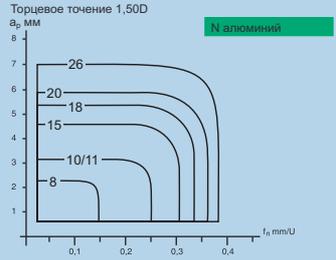
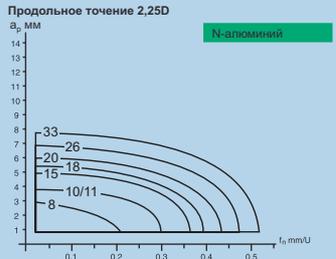
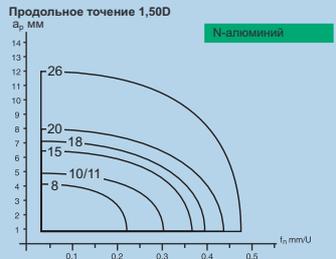
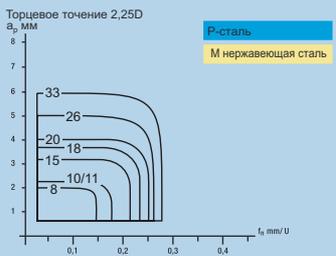
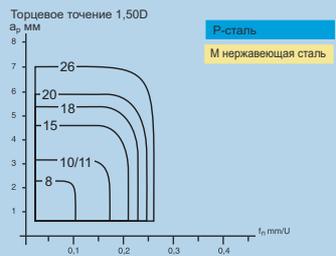


Таблица 9.27 GARANT – Отрезные резцы
Каталож. №: 273550 с пластинами 273100–273210

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм ²]	v _c [м/мин]		Ширина прорезания						
					2 мм			3 мм			
					f [мм/об]			f [мм/об]			
мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.	мин.	нач.	макс.			
1.0	Констр. стали общего назн.	< 500	100	– 120	– 140	0,05	– 0,12	– 0,20	0,08	– 0,18	– 0,30
1.1	Констр. стали общего назн.	500 – 850	100	– 120	– 140	0,05	– 0,12	– 0,20	0,08	– 0,18	– 0,30
2.0	Автоматные стали	< 850	80	– 100	– 120	0,05	– 0,12	– 0,20	0,08	– 0,18	– 0,30
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	80	– 100	– 120	0,05	– 0,12	– 0,20	0,08	– 0,18	– 0,30
3.0	Нелег. улучш. стали	< 700	100	– 120	– 140	0,05	– 0,12	– 0,20	0,08	– 0,18	– 0,30
3.1	Нелег. улучш. стали	700 – 850	80	– 100	– 120	0,05	– 0,12	– 0,20	0,08	– 0,18	– 0,30
3.2	Нелег. улучш. стали	850 – 1000	80	– 100	– 120	0,05	– 0,12	– 0,20	0,08	– 0,18	– 0,30
4.0	Лег. улучш. стали	850 – 1000	80	– 100	– 120	0,05	– 0,12	– 0,20	0,08	– 0,18	– 0,30
4.1	Лег. улучш. стали	1000 – 1200	60	– 80	– 100	0,05	– 0,12	– 0,18	0,08	– 0,15	– 0,25
5.0	Нелег. цементир. стали	< 750	100	– 120	– 140	0,05	– 0,12	– 0,20	0,08	– 0,18	– 0,30
6.0	Лег. цементир. стали	< 1000	80	– 100	– 120	0,05	– 0,12	– 0,20	0,08	– 0,18	– 0,30
6.1	Лег. цементир. стали	> 1000	60	– 80	– 100	0,05	– 0,12	– 0,18	0,08	– 0,15	– 0,25
7.0	Азотируемые стали	< 1000	20	– 40	– 60	0,05	– 0,12	– 0,18	0,08	– 0,15	– 0,25
7.1	Азотируемые стали	> 1000	20	– 40	– 60	0,05	– 0,12	– 0,18	0,08	– 0,15	– 0,25
7.1	Инструментал. стали	< 850	80	– 100	– 120	0,05	– 0,12	– 0,20	0,08	– 0,18	– 0,30
8.1	Инструментал. стали	850 – 1100	60	– 80	– 100	0,05	– 0,12	– 0,18	0,08	– 0,15	– 0,25
8.2	Инструментал. стали	1100 – 1400	20	– 40	– 60	0,05	– 0,12	– 0,18	0,08	– 0,15	– 0,25
9.0	Быстрореж. стали	830 – 1200	20	– 40	– 60	0,05	– 0,12	– 0,18	0,08	– 0,15	– 0,25
10.0	Закалённые стали	45–55 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10.1	Закалённые стали	55–60 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10.2	Закалённые стали	60–67 HRC	–	–	–	–	–	–	–	–	–
11.0	Износост. констр. стали	1350	20	– 40	– 60	0,05	– 0,12	– 0,18	0,08	– 0,15	– 0,25
11.1	Износост. констр. стали	1800	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12.0	Пружинные стали	< 1500	40	– 60	– 80	0,05	– 0,12	– 0,18	0,08	– 0,15	– 0,25
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	100	– 120	– 140	0,05	– 0,12	– 0,20	0,08	– 0,18	– 0,30
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	100	– 120	– 140	0,05	– 0,12	– 0,20	0,08	– 0,18	– 0,30
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	60	– 80	– 100	0,05	– 0,12	– 0,18	0,08	– 0,15	– 0,25
13.3	Нерж. мартенситн. стали	< 1100	60	– 80	– 100	0,05	– 0,12	– 0,18	0,08	– 0,15	– 0,25
14.0	Спец. сплавы	< 1200	20	– 40	– 60	0,05	– 0,12	– 0,18	0,08	– 0,15	– 0,25
15.0	Чугун (СЧ)	< 180 НВ	100	– 120	– 160	0,08	– 0,15	– 0,22	0,08	– 0,18	– 0,30
15.1	Чугун (СЧ)	> 180 НВ	60	– 80	– 120	0,08	– 0,12	– 0,20	0,08	– 0,15	– 0,25
15.2	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 180 НВ	60	– 80	– 120	0,08	– 0,12	– 0,20	0,08	– 0,15	– 0,25
15.3	Чугун (ВЧ, КЧ)	> 260 НВ	60	– 70	– 100	0,08	– 0,12	– 0,20	0,08	– 0,15	– 0,25
16.0	Титан, титановые сплавы	< 850	20	– 40	– 60	0,05	– 0,12	– 0,18	0,08	– 0,15	– 0,25
16.1	Титан, титановые сплавы	850 – 1200	20	– 40	– 60	0,05	– 0,12	– 0,18	0,08	– 0,15	– 0,25
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg	до 350	160	– 200	– 300	0,05	– 0,12	– 0,20	0,08	– 0,18	– 0,30
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		160	– 200	– 300	0,05	– 0,12	– 0,20	0,08	– 0,18	– 0,30
17.2	Лит. алюм. сплавы >10 % Si		160	– 200	– 300	0,05	– 0,12	– 0,20	0,08	– 0,18	– 0,30
18.0	Медь, низколегир.	< 400	100	– 120	– 160	0,05	– 0,12	– 0,20	0,08	– 0,18	– 0,30
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	100	– 120	– 160	0,05	– 0,12	– 0,20	0,08	– 0,18	– 0,30
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	100	– 120	– 160	0,05	– 0,12	– 0,20	0,08	– 0,18	– 0,30
18.3	Бронза, короткоструж.	< 600	100	– 120	– 160	0,05	– 0,12	– 0,20	0,08	– 0,18	– 0,30
18.4	Бронза, короткоструж.	650 – 850	100	– 120	– 160	0,05	– 0,12	– 0,20	0,08	– 0,18	– 0,30
18.5	Бронза, длинноструж.	< 850	100	– 120	– 160	0,05	– 0,12	– 0,20	0,08	– 0,18	– 0,30
18.6	Бронза, длинноструж.	850 – 1200	100	– 120	– 160	0,05	– 0,12	– 0,20	0,08	– 0,18	– 0,30
19.0	Графит		100	– 120	– 160	0,05	– 0,12	– 0,20	0,08	– 0,18	– 0,30
20.0	Термопласт		160	– 200	– 300	0,05	– 0,12	– 0,20	0,08	– 0,18	– 0,30
20.1	Реактопласт		160	– 200	– 300	0,05	– 0,12	– 0,20	0,08	– 0,18	– 0,30
20.2	Стекло- и углепластик		160	– 200	– 300	0,05	– 0,12	– 0,20	0,08	– 0,18	– 0,30

Таблица 9.28 Накатывание рифлений обработкой давлением – бесстружечная обработка
Каталож. № 290100–290140 – с накатным роликом HSS-PM 290161–290199

Вытеснение материала при формовке рифлений

Накатный профиль по DIN 82: RAA (накатный профиль на заготовке)

Накатный профиль по DIN 403: AA (накатный профиль на накатке)



Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм ²]	Диаметр заготовки [мм]	Шаг															
				Увеличение диаметра заготовки [мм]															
				0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,5	1,6	1,8	2,0			
2.0	Автоматные стали	< 850	5	0,08	0,14	0,18	0,22	0,27	0,29	0,33	0,35	0,50	–	–	–	–	–		
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	15	0,08	0,14	0,18	0,23	0,30	0,40	0,41	0,44	0,50	0,60	0,65	0,67	0,70			
			25	0,08	0,15	0,23	0,24	0,28	0,35	0,38	0,44	0,53	0,62	0,70	0,70	0,98			
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	5	0,10	0,15	0,20	0,25	0,28	0,30	0,35	0,42	0,41	–	–	–	–			
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	15	0,10	0,15	0,19	0,25	0,30	0,34	0,40	0,45	0,51	0,60	–	–	–			
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	25	0,10	0,14	0,20	0,26	0,31	0,33	0,38	0,43	0,50	0,62	–	–	–			
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплавы; Mg	до 350	5	0,09	0,15	0,19	0,23	0,28	0,30	0,34	0,41	0,40	–	–	–	–			
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		15	0,10	0,15	0,19	0,26	0,29	0,33	0,39	0,45	0,51	0,57	0,65	–	–			
			25	0,09	0,15	0,19	0,26	0,29	0,32	0,37	0,45	0,52	0,59	0,65	0,78	0,75			
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	5	0,08	0,12	0,18	0,20	0,21	0,22	0,23	0,25	0,28	–	–	–	–			
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	15	0,10	0,14	0,20	0,26	0,28	0,29	0,31	0,35	0,41	0,44	0,48	0,50	0,55			
			25	0,10	0,15	0,20	0,25	0,28	0,30	0,32	0,36	0,43	0,48	0,50	0,53	0,53			

Накатный профиль по DIN 82: RBL 30°/RBR 30° (накатный профиль на заготовке)

Накатный профиль по DIN 403: BR 30°/BL 30° (накатный профиль на накатке)



Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм ²]	Диаметр заготовки [мм]	Шаг															
				Увеличение диаметра заготовки [мм]															
				0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,5	1,6	1,8	2,0			
2.0	Автоматные стали	< 850	5	0,11	0,15	0,20	0,24	0,28	0,34	0,38	0,45	0,55	–	–	–	–			
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	15	0,11	0,15	0,22	0,26	0,30	0,35	0,42	0,45	0,52	0,67	0,73	0,75	0,85			
			25	0,11	0,14	0,23	0,25	0,28	0,36	0,42	0,45	0,56	0,70	0,72	0,78	0,90			
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	5	0,09	0,14	0,19	0,25	0,31	0,34	0,39	0,45	0,52	–	–	–	–			
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	15	0,12	0,20	0,23	0,31	0,35	0,40	0,45	0,51	0,62	0,66	0,73	0,85	0,97			
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	25	0,12	0,18	0,24	0,27	0,37	0,39	0,43	0,49	0,59	0,80	0,84	0,93	0,96			
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплавы; Mg	до 350	5	0,12	0,14	0,21	0,24	0,29	0,34	0,39	0,41	0,51	–	–	–	–			
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		15	0,12	0,18	0,23	0,26	0,36	0,40	0,43	0,50	0,56	0,56	0,61	0,74	0,75			
			25	0,12	0,18	0,25	0,28	0,37	0,39	0,46	0,50	0,58	0,77	0,82	0,84	0,96			
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	5	0,10	0,14	0,20	0,23	0,24	0,28	0,30	0,33	0,37	–	–	–	–			
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	15	0,10	0,15	0,21	0,23	0,24	0,31	0,36	0,41	0,47	0,53	0,55	0,64	0,63			
			25	0,11	0,15	0,22	0,22	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,55	0,61	0,62	0,68			

Накатный профиль по DIN 82: RGE 30° (накатный профиль на заготовке)

Накатный профиль по DIN 403: BR 30° + BL 30° (накатный профиль на накатке)



Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм ²]	Диаметр заготовки [мм]	Шаг															
				Увеличение диаметра заготовки [мм]															
				0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,5	1,6	1,8	2,0			
2.0	Автоматные стали	< 850	5	0,12	0,16	0,20	0,25	0,33	0,41	0,45	0,55	0,65	–	–	–	–			
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	15	0,13	0,22	0,30	0,32	0,35	0,41	0,43	0,52	0,62	0,67	0,81	0,86	0,95			
			25	0,12	0,18	0,28	0,32	0,35	0,38	0,43	0,55	0,67	0,77	0,87	0,98	0,98			
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	5	0,11	0,20	0,25	0,30	0,36	0,39	0,41	0,55	0,55	–	–	–	–			
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	15	0,10	0,14	0,21	0,24	0,29	0,34	0,40	0,43	0,53	0,66	0,72	0,70	0,88			
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	25	0,11	0,13	0,20	0,25	0,28	0,32	0,41	0,44	0,52	0,67	0,70	0,71	0,83			
17.0	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплавы; Mg	до 350	5	0,10	0,15	0,21	0,25	0,33	0,36	0,41	0,50	0,57	–	–	–	–			
17.1	Алюм. сплавы, короткоструж.		15	0,11	0,14	0,20	0,25	0,28	0,33	0,39	0,43	0,54	0,67	0,71	0,76	0,89			
			25	0,11	0,15	0,22	0,25	0,29	0,34	0,40	0,44	0,53	0,68	0,69	0,71	0,88			
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	5	0,12	0,13	0,16	0,20	0,24	0,28	0,30	0,32	0,38	–	–	–	–			
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	15	0,12	0,16	0,18	0,24	0,28	0,30	0,37	0,39	0,40	0,48	0,52	0,55	0,63			
			25	0,12	0,17	0,22	0,23	0,27	0,30	0,34	0,38	0,41	0,48	0,50	0,63	0,63			



Скорость резания и подача

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм ²]	Диаметр заготовки [мм]	Диаметр накатного ролика [мм]	v _c [м/мин]	f [мм/об]				
						Радиальная	Осевая			
							Шаг			
2.0	Автоматные стали	< 850	< 10	10/15	20 – 50	0,04 – 0,08	0,20	0,13	0,08	0,07
2.1	Автоматные стали	850 – 1000	10–40	15/20	25 – 55	0,05 – 0,10	0,28	0,18	0,14	0,10
			40–100	20/25	30 – 60	0,05 – 0,10	0,35	0,25	0,17	0,11
			100–250	20/25	30 – 60	0,05 – 0,10	0,42	0,28	0,18	0,13
			> 250	25	30 – 60	0,05 – 0,10	0,45	0,29	0,20	0,14
13.0	Нерж. сернист. стали	< 700	< 10	10/15	15 – 40	0,04 – 0,08	0,14	0,09	0,06	0,05
13.1	Нерж. аустенитн. стали	< 700	10–40	15/20	20 – 50	0,05 – 0,10	0,20	0,13	0,10	0,07
13.2	Нерж. аустенитн. стали	< 850	40–100	20/25	25 – 50	0,05 – 0,10	0,25	0,18	0,12	0,08
			100–250	20/25	25 – 50	0,05 – 0,10	0,29	0,20	0,13	0,09
			> 250	25	25 – 50	0,05 – 0,10	0,31	0,21	0,14	0,10
17.0	Ал. длинноструж.; деформ.	до 350	< 10	10/15	25 – 60	0,04 – 0,08	0,12	0,08	0,05	0,04
17.1	Алюм. сплавы,		10–40	15/20	30 – 65	0,05 – 0,10	0,17	0,11	0,08	0,06
			40–100	20/25	35 – 70	0,05 – 0,10	0,21	0,15	0,10	0,07
			100–250	20/25	35 – 70	0,05 – 0,10	0,25	0,17	0,11	0,08
			> 250	25	35 – 70	0,05 – 0,10	0,27	0,18	0,12	0,08
18.1	Латунь, короткоструж.	< 600	< 10	10/15	30 – 75	0,04 – 0,08	0,22	0,14	0,09	0,08
18.2	Латунь, длинноструж.	< 600	10–40	15/20	40 – 85	0,05 – 0,10	0,31	0,20	0,15	0,11
			40–100	20/25	45 – 90	0,05 – 0,10	0,39	0,28	0,18	0,12
			100–250	20/25	45 – 90	0,05 – 0,10	0,46	0,31	0,20	0,14
			> 250	25	45 – 90	0,05 – 0,10	0,49	0,32	0,22	0,15

Таблица 9.29 Накатывание рифлений фрезерованием – обработка резанием

Каталож. №: 290222–290242 с накатным роликом HSS-PM 290261–290281

Глубина резания = 1/2 шага зуба + 0,1 мм

Группа материалов	Обозначение материала	Предел прочности [Н/мм ²]	Диаметр заготовки [мм]	Диаметр накатного ролика [мм]	v _c [м/мин]	Радиальная
2.0 2.1	Автоматные стали	< 850 850 – 1000	< 10	10/15	40 – 70	0,04 – 0,08
			10–40	15/25	50 – 90	0,05 – 0,10
			40–100	25/32/42	65 – 110	0,05 – 0,10
			100–250	25/32/42	65 – 110	0,05 – 0,10
			> 250	32/42	80 – 100	0,05 – 0,10
13.0 13.1 13.2	Нерж. сернист. стали Нерж. аустенитн. стали Нерж. аустенитн. стали	< 700 < 700 < 850	< 10	10/15	22 – 40	0,04 – 0,08
			10–40	15/25	30 – 50	0,05 – 0,10
			40–100	25/32/42	35 – 60	0,05 – 0,10
			100–250	25/32/42	35 – 60	0,05 – 0,10
			> 250	32/42	45 – 55	0,05 – 0,10
17.0 17.1	Ал. длинноструж.; деформ. алюм. сплав; Mg Алюм. сплавы, короткоструж.	до 350	< 10	10	70 – 120	0,04 – 0,08
			10–40	15/25	80 – 150	0,05 – 0,10
			40–100	25/32/42	110 – 160	0,05 – 0,10
			100–250	25/32/42	110 – 160	0,05 – 0,10
			> 250	32/42	130 – 150	0,05 – 0,10
18.1 18.2	Латунь, короткоструж. Латунь, длинноструж.	< 600 < 600	< 10	10/15	55 – 100	0,04 – 0,08
			10–40	15/25	70 – 125	0,05 – 0,10
			40–100	25/32/42	90 – 155	0,05 – 0,10
			100–250	25/32/42	90 – 155	0,05 – 0,10
			> 250	10/15	115 – 140	0,05 – 0,10

f [мм/об]				
Осевая				
Шар				
> 0,3–0,5	> 0,5–1,0	> 1,0–1,5	> 1,5–2,0	
0,14	0,09	0,06	0,05	
0,20	0,13	0,10	0,07	
0,25	0,18	0,12	0,08	
0,30	0,20	0,13	0,08	
0,32	0,21	0,14	0,10	
0,12	0,08	0,05	0,04	
0,17	0,11	0,09	0,06	
0,21	0,15	0,10	0,07	
0,26	0,17	0,11	0,08	
0,27	0,18	0,12	0,09	
0,18	0,11	0,08	0,06	
0,25	0,16	0,13	0,09	
0,31	0,23	0,15	0,10	
0,38	0,25	0,16	0,11	
0,40	0,26	0,18	0,13	
0,15	0,09	0,06	0,05	
0,21	0,14	0,11	0,07	
0,26	0,19	0,13	0,08	
0,32	0,21	0,14	0,09	
0,34	0,22	0,15	0,10	



AA



BL 15°



BR 15°



BL 30°



BR 30°





Оглавление

Перечень таблиц – стандарты	743
Технические особенности вспомогательного инструмента (GARANT, KELCH, HOLEX)	743
1 Типы хвостовиков	744
1.1 Крутой конус (SK-конус)	744
1.2 Полый конус (HSK-конус)	746
2 Способы закрепления инструмента	748
2.1 Патроны с зажимным винтом	748
2.2 Цанговые патроны	749
2.3 Гидрозажимные патроны	750
2.4 Высокоточные цанговые патроны ER Centro P (CP)	751
2.5 Высокоточные цанговые патроны	753
2.6 Технология термозажима	754
2.6.1 Термозажимные патроны по стандарту DIN 69871	754
2.6.2 Приспособления для термозажима KELCH	755
2.6.3 Термозажимной патрон GARANT	756
2.6.4 Термозажимной патрон KELCH	757
2.6.5 Дополнительные принадлежности термозажимных приборов	758
2.7 Область применения различных типов патронов	759
2.7.1 Сравнение различных типов патронов	759
2.7.2 Предельные значения частоты вращения различных типов патронов	761
2.7.3 Проверка усилия затягивания патронов	761
2.8 Приводные головки для фрезерных станков	762
3 Балансировка вспомогательного инструмента	763
3.1 Статическая балансировка	764
3.2 Динамическая балансировка	765
3.3 Качество балансировки и остаточный дисбаланс	765
4 Вспомогательный инструмент по стандарту VDI	769
5 Приводные головки для токарных обрабатывающих центров	770
5.1 Особенности использования приводных головок	770
5.1.1 Названия и варианты исполнения приводных головок	770
5.1.2 Варианты применения в револьверной головке	773
5.2 Модульные приводные головки EWS-VARIA	774
5.3 Исполнения хвостовиков входных валов	775
6 Система базирования по нулевой точке GARANT ZeroClamp	776
6.1 Конструкция и особенности GARANT ZeroClamp	776
6.2 Принцип действия GARANT ZeroClamp	778
6.3 Стандартная система базирования и специальные варианты	779
6.3.1 Стандартная система базирования для вертикально-фрезерных станков	779
6.3.2 Стандартная система базирования для горизонтально-фрезерных станков с опорой 500x500	780
6.3.3 Специальные варианты	781
7 Исполнение хвостовиков вспомогательного инструмента по стандартам DIN 228 и DIN 2080	782

Перечень таблиц – Стандарты

Наименование	№ табл.	С.
Хвостовики инструмента по стандартам DIN 228 и DIN 2080	10.9	783
Поперечное крепление по DIN 1806		
Конусы для установки сверлильных патронов по DIN 238		

Технические особенности вспомогательного инструмента (GARANT, KELCH, HOLEX)



GARANT:

Высшее качество.

- Превосходное качество, совершенные технологии
- Высокое качество балансировки G 2,5 / 25 000 об/мин (стандарт)
- Отверстия на торце для подвода СОЖ. В стандартном исполнении перекрываемые винтами
- Произведена доводка функциональных поверхностей HSK-конуса после термообработки
- Все хвостовики проходят финишную обработку, для снижения биения
- Промежуточные размеры A = 120, 130 и 200 мм.



KELCH:

Точность и динамичность.

- Крупная компания по производству прецизионного инструмента, систем для предварительной размерной настройки режущего инструмента, приспособлений с термозажимом, инструмента TUL и измерительного инструмента
- Полный ассортимент HSK-конусов
- Основной партнёр Hoffmann Group – на европейском рынке
- Прямой доступ к технологии TDM
- Консультации на месте с демонстрацией оборудования
- Полное оснащение станков с ЧПУ
- Инновационные изделия – высочайшая точность
- Высокое качество балансировки G2,5/25 000 об/мин (стандарт)



HOLEX:

Хорошее качество по привлекательной цене.

- Точность балансировки G6,3/12 000 об/мин
Исключение: DIN 2080, 228
- Исполнение формы AD и A
- Варианты хвостовика:
 - короткий = воронёный,
 - длинный = финишная обработка,
 - сверхдлинный = финишная обработка.

1 Типы хвостовиков

Нарастающая тенденция к сокращению затрат времени на обработку при высочайших требованиях к качеству изделий и безопасности технологического процесса может быть реализована только путём усовершенствования всей системы станок - приспособление - инструмент - деталь (СПИД). При этом к отдельным элементам технологического процесса предъявляются следующие **требования**:

К станку:	Высокая жёсткость Виброизоляция основания Облегчённая конструкция подвижных частей Высокая точность вращения шпинделя Высокое затяжное усилие шпинделя Использование устройств ЧПУ
К инструменту:	Высокая точность вращения Высокое качество балансировки Высокая стойкость
К приспособлению:	Высокая точность вращения Необходимое качество балансировки Надёжное крепление инструмента

Этим определяются следующие **основные требования** к современному вспомогательному инструменту:

- высокая статическая жёсткость
- высокая динамическая нагрузочная способность
- максимальная точность
- Пригодность для использования в режиме высокой частоты вращения

1.1 Крутой конус (SK-конус)

Для автоматической или ручной смены инструмента существуют приспособления в форме крутого конуса, в частности по стандартам DIN 69871, DIN 2080 или JIS B6339 (MAS-BT). Вспомогательные инструменты (конус 7 : 24) соединяются со шпинделем станка посредством дополнительных деталей - штрелелей. Различные конструктивные элементы на захватных фланцах служат для фиксации и позиционирования инструмента в манипуляторах и магазинах. **Наиболее распространённым инструментом с крутыми конусами (SK-конуса)** является инструмент, выполненный по **стандарту DIN 69871, формы AD/B** с канавкой и вырезом для позиционирования на фланце. При этом форма AD/B представляет собой комбинацию из сквозного отверстия (AD) **для центральной подачи смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) и подачи СОЖ сбоку через фланец инструмента (B)**.

Передача вращающего момента при небольших нагрузках происходит фрикционным замыканием конуса. При больших моментах и ударных нагрузках передача вращающего момента производится в основном через **поводковые сухари**. Поводковые сухари расположены на торцевой поверхности шпинделя, они выполнены асимметричными с целью обеспечения определённой ориентации инструмента.

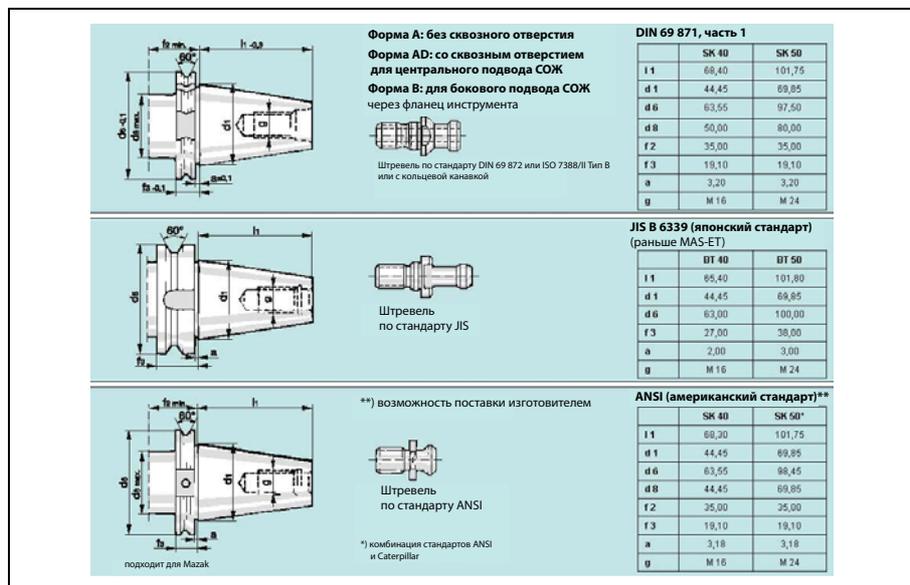


Рис. 10.1 Стандарты конусов вспомогательного инструмента

Оправки по стандарту DIN 69871/JIS B6339 снабжены штрельями и при помощи устройства автоматической смены инструмента заменяются очень быстро.

Оправки по стандарту DIN 2080 затягиваются в шпindelь вручную с помощью винтовых тяг. При работе вручную на смену инструмента затрачивается больше времени, чем в случае применения устройства автоматической смены. Поэтому инструмент по стандарту DIN 2080 используются всё реже.

Преимущество SK-конусов заключается в симметричности их конструкции, простоте технологии изготовления и в том, что они являются самоцентрирующимися. Однако **недостатком** является то, что по причине большой частоты вращения может произойти увеличение диаметра конуса шпindelя (деформация под действием центробежной силы), одновременно с этим возможно смещение инструмента по оси под действием затягивающего усилия, которое сохраняется даже после остановки шпindelя (эффект «прилипания» конуса). Кроме того, вследствие деформации под действием центробежной силы уменьшается площадь контакта, в результате чего происходит также снижение фрикционной передачи вращающего момента. В самом худшем случае возможно проскальзывание инструмента.

Вследствие смещения по оси при высокой частоте вращения нарушается также точность обработки деталей. Отрицательное влияние может оказать также штрель. Во-первых, штрель является быстроизнашивающейся деталью, что приводит к дополнительным расходам, во-вторых, в случае использования штрели низкого качества нарушаются условия нормальной работы, возникает неравномерная нагрузка, повышенные биения, что приводит к снижению качества обработки, сокращению периода стойкости инструмента и срока службы подшипников шпindelя.

1.2 Полый конус (HSK-конус)

Полый конус представляет собой инструмент с наружным конусом небольшой конусности (конус 1 : 10), полый внутри (рис. 10.2). В современных многоцелевых обрабатывающих центрах HSK-соединение более широко применяется по сравнению с SK-конусом, поскольку **превосходит** его по следующим показателям:

- точность (устойчивое осевое положение за счёт базирования по торцу),
- жёсткость (воспринимает большой изгибающий момент),
- пригоден для использования в режиме высокой частоты вращения,
- высокая стабильность повторяемости при смене инструмента,
- не требуется штрель.

Передача вращающего момента производится за счёт поводковых пазов одинаковой ширины и разной глубины на конце хвостовика и фрикционным замыканием за счёт напряженно-деформированного состояния между шпинделем и оправкой. Торцевой фланец служит для фиксации HSK-конуса по оси в шпинделе, а также для повышения жёсткости при изгибающей нагрузке. Конусный полый хвостовик фиксирует соединение в радиальном направлении, и обеспечивает наличие пространства для размещения системы крепления внутри него. Сквозное отверстие в хвостовике необходимо для использования ручной системы крепления. Канавка, пазы и позиционирующий вырез на фланце необходимы в качестве базисных поверхностей для системы автоматической смены инструмента. Кроме того, наружный диаметр фланца определяет размер HSK-конуса.

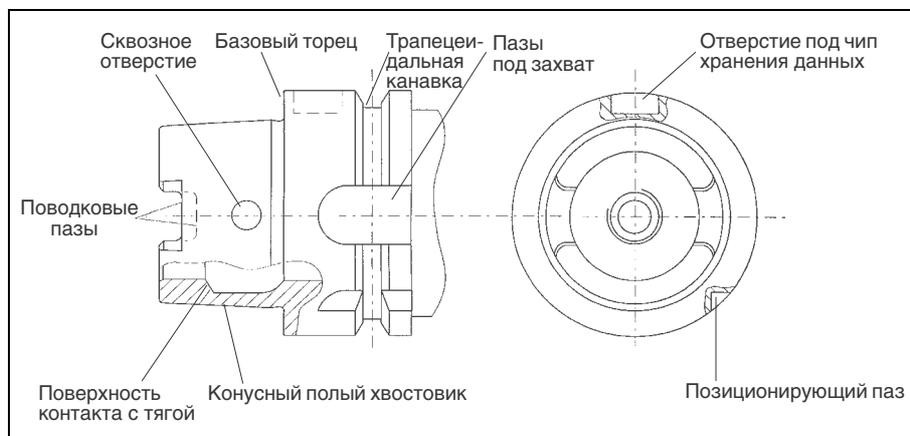


Рис. 10.2 Конструктивные элементы HSK-конуса по стандарту DIN 69893, форма А

Ниже представлен обзор форм и особенностей HSK-конусов (рис. 10.3). Наиболее распространенными являются конусы формы А (для автоматической смены) и С (только для ручной смены), а также формы Е без поводковых пазов для высокоскоростной обработки (передача вращающего момента происходит исключительно фрикционным замыканием за счёт сил трения между конусом и шпинделем и между торцами оправки и шпинделя). Для автоматической смены без необходимости ориентации оправки предусмотрена только канавка.

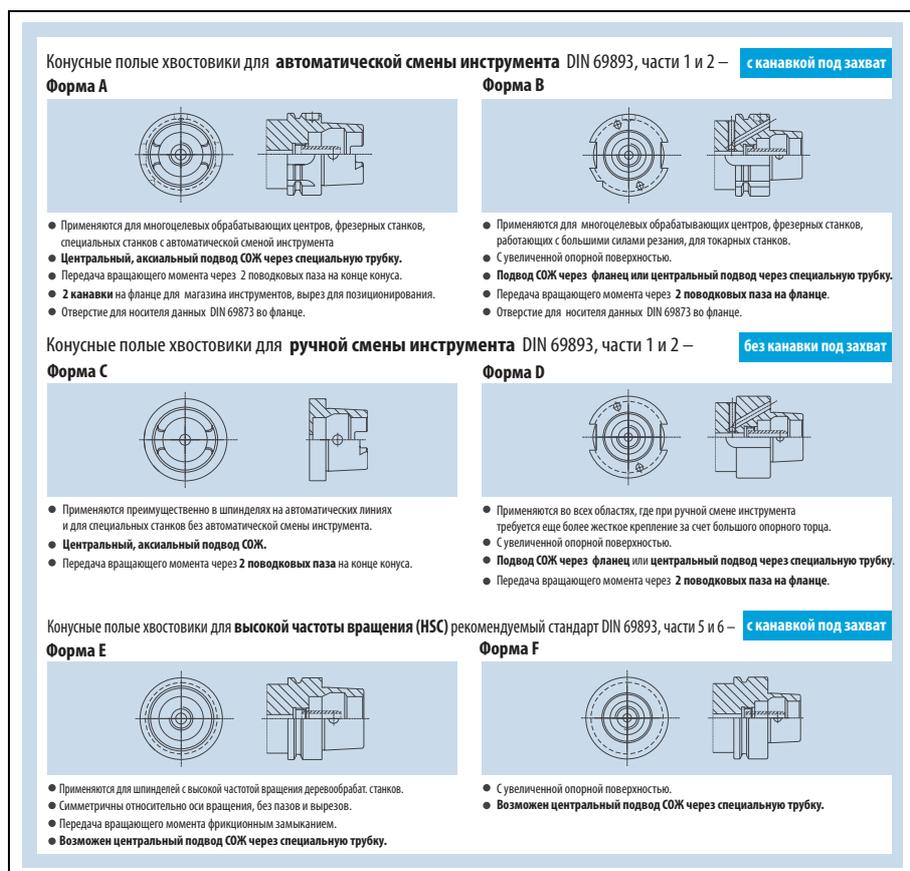


Рис. 10.3 Форма и особенности HSK-конусов

По сравнению с SK-конусом HSK-соединение обладает следующими преимуществами:

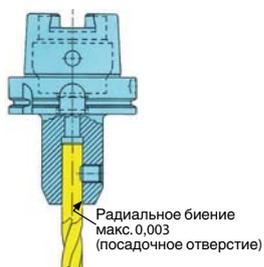
- высокая повторяемость при смене инструмента;
- стабильное осевое положение за счёт контакта с торцом шпинделя;
- пригодность для использования в режиме высокой частоты вращения;
- не требуется штрель (быстроизнашивающаяся деталь!);
- меньший вес и геометрические размеры.

2 Способы закрепления инструмента

2.1 Патроны с зажимным винтом

В *таблице 10.1* представлены варианты, особенности и области применения патронов Weldon:

Патроны Weldon для инструментов с хвостовиками по стандарту DIN 1835 B и DIN 6535 HB



Особенность:

- Биение: **0,010 мм** (для всей системы)

Применение:

- Крепление инструмента с лыской на хвостовике
- Универсальный патрон для сверления и фрезерования (черновая и чистовая обработка)

Патроны Whistle Notch для инструментов с хвостовиками по стандартам DIN 1835 E и DIN 6535 HE



Особенность:

- Биение: **0,010 мм** (для всей системы)

Применение:

- Крепление инструмента с наклонной лыской на хвостовике (2°)
- Универсальный патрон для фрезерования (черновая и чистовая обработка) и в особенности для сверления, так как потеря длины в результате переточки сверл с торца может быть компенсирована за счёт осевого перемещения в продольном направлении

Таблица 10.1 Патроны с зажимным винтом по стандартам DIN 1835 и DIN 6535

2.2 Цанговые патроны

Цанговые патроны являются наиболее распространенным вспомогательным инструментом для инструментов с цилиндрическими хвостовиками. Ниже приводится их описание (таблица 10.2):

Цанговые патроны (OZ) по стандарту DIN 6388-A



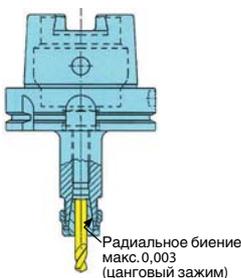
Особенность:

- Биение: **0,025 мм** (для всей системы)

Применение:

- Крепление инструмента с цилиндрическим хвостовиком в цанговых патронах по стандарту DIN 6388
- Универсальный патрон для фрезерования (черновая и чистовая обработка) и сверления

Цанговые патроны (для цанг ER) по стандарту DIN 6499-A



Особенность:

- Биение: **0,015 мм** (для всей системы) = стандарт
- Биение: возможна **0,003 мм** = усовершенствованный высокоточный патрон

Применение:

- Крепление инструмента с цилиндрическим хвостовиком в цанговых патронах по стандарту DIN 6499
- Универсальный патрон для фрезерования (черновая и чистовая обработка) и сверления

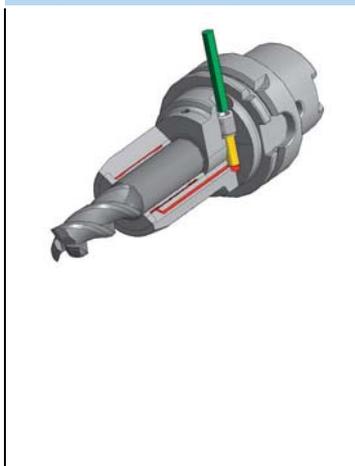
Таблица 10.2 Цанговые патроны по стандартам DIN 6388 и DIN 6499

2.3 Гидрозажимные патроны

Гидрозажимные патроны отличаются низкими биениями как в радиальном, так и в осевом направлениях. Они предлагаются в следующих **исполнениях**:

- Укороченный тяжёлый патрон
 - макс. жёсткость,
 - высокая производительность резания (но не для экстремальных режимов обработки)
 - для сверления, развёртывания и фрезерования
- Узкий патрон, короткое или длинное исполнение
 - мин. габаритные размеры
 - короткий: для инструмента с допуском хвостовика, h6 при диаметре от 6 до 8 мм
h7 при диаметре от 10 до 20 мм
 - длинный: для инструмента с допуском хвостовика, h7
 - для сверления, развёртывания и чистового фрезерования
- Патрон с небольшими габаритными размерами
 - для заточки инструмента, шлифования
 - оптимальный выбег шлифовального круга

Гидрозажимные патроны



Особенность:

- Биение: **0,003 мм** (при 2,5xD)
- Макс. частота вращения: **40 000 об/мин**
- Абсолютно симметричный зажим хвостовика
- Передача большого вращающего момента
- Не требует обслуживания (закрытая система)
- Не имеет изнашивающихся деталей
- Повышение стойкости режущего инструмента
- Регулируемое затяжное усилие
- Возможно крепление хвостовиков инструмента с лыской

Применение:

- Высокоточное крепление инструмента с цилиндрическим хвостовиком, а также цилиндрических хвостовиков с лыской
- Универсальный патрон для фрезерования (черновая и чистовая обработка) и сверления
- Иногда пригоден для обработки НРС, так как обладает демпфирующими свойствами

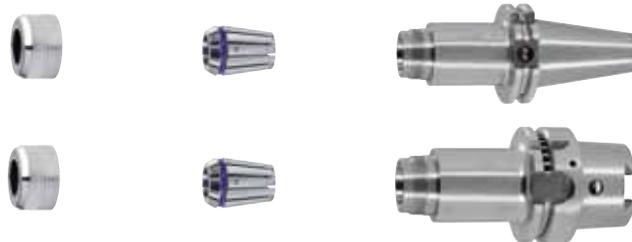
Таблица 10.3 Гидрозажимные патроны



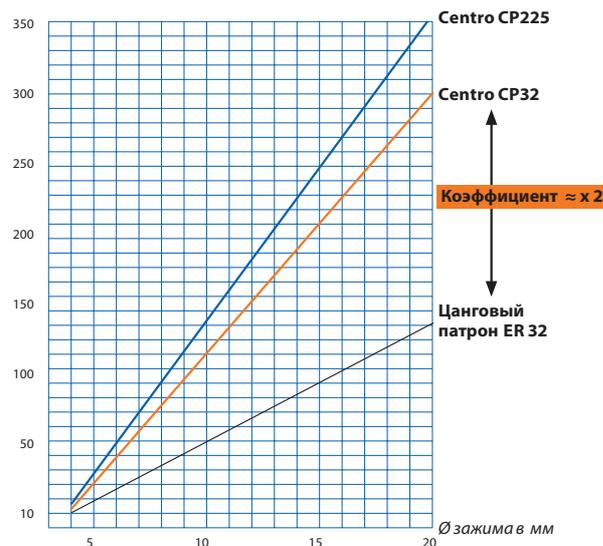
2.4 Высокоточные цанговые патроны ER Centro P (CP)

Высокоточный цанговый патрон ER Centro P применяется для высокоточного зажимания инструмента с цилиндрическим хвостовиком с лыской по DIN 1835B и DIN 1835E. В комбинации с патроном CP и соответствующими цангами HP (№ 309350 - 309356) достигается **точность вращения системы ≤ 3 мкм.**

Высокоточные цанговые патроны ER Centro P (CP)



Удерживающая способность (статически) в Н·м на инструменте (Момент затяжки затяжной гайки 105 Н·м, хвостовик закалённый шлифованный, Rz2,5 и не смазан).

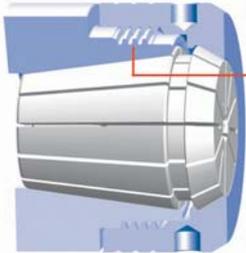
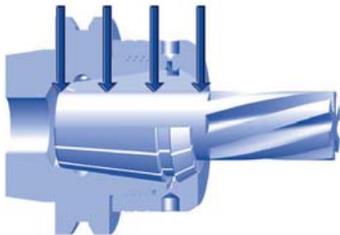


Такая высокая точность вращения системы даёт следующие преимущества:

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> Низкие производственные расходы за счёт повышения стойкости режущего инструмента | <ul style="list-style-type: none"> Низкие расходы на инструмент / небольшое наладочное время |
| <ul style="list-style-type: none"> Повышение качества благодаря высокой чистоте обработки поверхности | <ul style="list-style-type: none"> Более жёсткие производственные допуски |

Таблица 10.4 Высокоточные цанговые патроны ER (CP)

Таблица 10.4: Продолжение - Высокоточные цанговые патроны ER (CP)

<p>Благодаря современным технологиям изготовления достигается исключительно высокая точность обработки поверхностей, обеспечивающая максимальное обжатие поверхности инструмента.</p>	
<p>Преимущества:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Снижение трения → высокая удерживающая способность (коэффициент x2) • Точное центрирование → минимальный дисбаланс • Безопасность техпроцесса → зажимное усилие сохраняется даже при длительном использовании • Оптимальное зажимное усилие → пригодны для высокопроизводительной обработки резанием 	
<p>Исключительная удерживающая способность:</p> <div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="flex: 1;">  </div> <div style="flex: 1;"> <p>Удерживающая способность:</p> <ul style="list-style-type: none"> → трапецеидальная резьба 30° с шлифованной двойной направляющей → резьба затяжной гайки с покрытием </div> </div>	
<div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="flex: 1;">  </div> <div style="flex: 1;"> <p>Преимущества:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Возможность установки оптимального вылета за счет перемещения хвостовика во внутрь патрона (зажимает только номинальные диаметры в пределах допуска ISO h10) • Зажимные усилия равномерно распределяются по всей цилиндрической боковой поверхности • Оптимальное восприятие радиальных усилий • за счёт этого оптимальная жесткость и прочность, так как нет оказывающих отрицательное влияние напряжений и деформаций при зажимании • Идеальные поверхности после обработки </div> </div>	
<p>Универсальное применение для сверления/зенкерования/нарезания резьбы метчиками, фрезерования твёрдых материалов, прецизионного развёртывания, высокоскоростного фрезерования в инструментальном производстве и при изготовлении прессформ. Возможна также поставка сверхдлинных вспомогательных инструментов для обработки труднодоступных мест.</p>	

2.5 Высокоточные цанговые патроны

В качестве альтернативы гидрозажимным патронам для высокоточного крепления инструмента с цилиндрическим хвостовиком, в частности для обработки HSC, могут быть использованы более тонкие патроны APC (см. таблицу 10.5).

Высокоточные цанговые патроны APC



ВНИМАНИЕ:
M_{max} < 14 Н•м

Качество балансировки G6,3 при 15 000 об/мин (=стандарт)

Уплотнение для защиты от загрязнений

Высокая жёсткость и вибростойкость

Точное концентричное вращение 3 мкм при 2,5 x D

Диапазон зажима 3–14 мм, 12–20 мм и 20–32 мм



Подача СОЖ, форма ADB

Простое обслуживание

Максимальное затяжное усилие благодаря червячной передаче высокой мощности

Цанга со специальным покрытием

Высокоточный патрон для максимального затяжного усилия, точности вращения и устойчивости

Преимущество:

Крепление любых цилиндрических хвостовиков стандартов DIN 1835, форма А, В (Weldon) и DIN 6535, форма НА, НВ, а также HE диаметром до 20 мм и допуска для хвостовика h6

- Для сверления, развёртывания, нарезания резьбы и т. д.
- Обдирка и экстремальные режимы обработки (черновая обработка)
- Обработка закалённых сталей
- Высокопроизводительная и высокоскоростная обработка резанием
- Макс. частота вращения: 40 000 об/мин

Специально для обработки мелким инструментом разработаны прецизионные мини-патроны с цилиндрическим хвостовиком. Максимальная частота вращения 60 000 об/мин



Особенность:

- Биение ≤ 0,005 мм
- Диапазон зажима 1–6 мм

Преимущество:

- Повышение затяжного усилия (по сравнению с ER)
- Более тонкая передняя часть (по сравнению с ER)
- Наружный диаметр h6 (возможна установка в термопатрон)
- Низкое биение

Особенность:

- Биение ≤ 0,030 мм
- Диапазон зажима 0,2–1,5 мм

Преимущество:

- Не требуется цанга
- Диапазон зажима
- Низкое биение

Применение:

- В патронах APC
- В патронах Weldon / цанговых патронах ER
- Обслуживание при помощи специального ключа
- Очень тонкий патрон для обработки труднодоступных зон

Таблица 10.5 Высокоточные цанговые патроны APC

2.6 Технология термозажима

2.6.1 Термозажимные патроны по стандарту DIN 69871

Особенности патронов с термозажимом, а также возможности их применения представлены в *таблице 10.6*.

Термозажимной патрон	
	<p>Особенность:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Биение: $\leq 0,003$ мм • Макс. частота вращения: 40 000 об/мин • Пригодность для использования в режиме высокой частоты вращения • Диаметр зажима рассчитан на хвостовик с допуском h6 • Абсолютно надёжная передача вращающего момента вследствие «горячей посадки с натягом» • Передаваемый вращающий момент может быть в 2–4 раза выше по сравнению с гидропластовыми и цанговыми патронами • Незначительное влияние на балансировку благодаря симметричному корпусу <p>Применение:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Оптимально подходит для высокоскоростной обработки, в особенности для инструментов небольшого диаметра • Для крепления фрез и свёрл с цилиндрическим хвостовиком

Таблица 10.6 Термозажимной патрон GARANT и KELCH

Термозажимной патрон имеют следующие преимущества:

- Максимальная удерживающая способность за счёт очень сильного обжатия хвостовика
Абсолютно надёжное закрепление режущего инструмента, при соответствующих допусках хвостовика, обеспечивает полную безопасность технологического процесса
- Оптимальное крепление режущего инструмента
Зажим хвостовика осуществляется по всей длине, что обеспечивает жёсткость соединения. В процессе зажима хвостовику не наносятся повреждения
- Прецизионная регулировка длины благодаря мелкой резьбе производится винтом с внутренним шестигранником, простое извлечение инструмента в случае его разрушения
- Обеспечение долгого срока службы патронов
Применение высокожаропрочной стали (протестировано в ходе более 1000 циклов нагрева-охлаждения), не происходит увеличение диаметра отверстия, не деформируется благодаря применению специальной технологии закалки
- Отбалансирован до G 2,5 при 25 000 об/мин (исключение: HSK32, 40 и 50 отбалансированы до U < 1 гмм), балансировка высокого класса возможна при помощи винтов известной массы, вворачиваемых в резьбовые отверстия
Универсальная стандартная подгонка по длине за счёт удлинителя с термозажимом, таким образом не требуется специальная подготовка, оптимальная удлиненная конструкция патронов с термозажимом
- В стандартном исполнении с отверстиями для чипа носителя данных

2.6.2 Прибор для термозажима KELCH



Рис. 10.4 Прибор для термозажима с индукционным нагревом i-tec L

Патроны подходят для приборов для термозажима с контактным и индукционным нагревом, а также с нагревом горячим воздухом (см. рис. 10.4). Приборы для термозажима с индукционным нагревом i-tec фирмы KELCH применяются для установки инструмента из быстрорежущей стали диаметром от 6 до 32 мм и твердосплавного инструмента диаметром от 3 до 32 мм. За счёт наличия простой адаптерной системы можно использовать конусы любого размера. Продолжительность нагрева составляет менее 10 с, продолжительность охлаждения с использованием модуля охлаждения менее 60 с.

KELCH является комплексным разработчиком и изготовителем термозажимной оснастки и систем для предварительной размерной настройки режущего инструмента премиум-класса, в том числе в комбинированном исполнении (термозажим + предварительная настройка).

Наряду с базовым вариантом i-tec L KELCH предлагает также **автоматизированный вариант i-tec XL**.

Применение:

- Для подготовки нескольких патронов в непрерывном режиме
- 3 позиции для нагрева
- Автоматическое перемещение индукционной катушки (вверх/вниз)
- Не требует верстака



Рис. 10.5 Автоматизированный прибор для термозажима KELCH i-tec XL

В качестве модуля охлаждения можно использовать контактное охлаждение.

Характеристики:

Осуществляется за счет отбора теплоты охлаждающей жидкостью, циркулирующей по холодильному агрегату

2.6.3 Термозажимной патрон GARANT

Вспомогательный инструмент
Информация

GARANT – высшего качества

высокое		<p>Для вас это означает следующее:</p> <p>Garant обеспечивает:</p> <ul style="list-style-type: none"> • превосходное качество и совершенные технологии • высокое качество балансировки: G2,5 при 25 000 об/мин • оптимальное соотношение цены и качества
Уровень качества		<p>HOLEX обеспечивает:</p> <ul style="list-style-type: none"> • высокое качество, соответствующее промышленному стандарту, по привлекательной цене
низкое	Сегмент дешевой продукции	Нет в ассортименте Hoffmann Group

← низкая Цена высокая →

G 2,5
25000 об/мин

G 6,3
12000 об/мин

10 доводов в пользу GARANT

1. Отверстие для охлаждения ККВ

- во всех патронах для хвостовиков с лыской
- во всех патронах с термозажимом
- при укороченном варианте SK40 и HSK A-63

ККВ перекрываемые винтами

- открывается при использовании инструмента без внутреннего охлаждения
- закрывается при использовании инструмента с внутренним охлаждением

2. Отказ от направляющих фасок в патронах с термозажимом

- более высокая точность вращения
- повышение контактной поверхности

3. Свинтом для регулировки длины

- подходит для подвода СОЖ

4. Резьбовые отверстия для балансировочных винтов патронов с термозажимом

- оптимизация качества балансировки всей системы (вместе с инструментом)
- точное вращение шпинделя, что благоприятно отражается на состоянии станка

5. Произведена обработка контактных поверхностей HSK-конуса

- абсолютно плоская контактная поверхность (отсутствие опасности затирания)
- жесткий допуск поводковых пазов (без биения шпинделя)
- точное направление усилия затягивания (нет перекоса)

6. Оптимальное охлаждение зоны резания

- слабое центробежное действие при высокой частоте вращения
- оптимальное направление струи СОЖ к режущей кромке инструмента
- идеальное удаление стружки
- повышение безопасности технологического процесса

7. Высокое качество балансировки

- низкое биение ≤ 3 мкм
- для снижения биения (цапидный режим эксплуатации шпинделя) все хвостовики **дополнительно** подвергнуты финишной обработке
- для повышения степени чистоты обработки поверхности
- для повышения стойкости режущего инструмента
- для увеличения срока службы шпинделя

8. SK-конус формы AD/B (=стандарт)

- **AD/B** = на выбор центральный подвод СОЖ (KMZ) через центр (= форма AD) или сбоку через фланец (= форма B)

Примечание:

- Форма A = без внутреннего подвода СОЖ
- Форма AD = центральный подвод СОЖ через штрельев (AB со сквозным отверстием)
- Форма B = подвод СОЖ сбоку через фланец (AB использовать с уплотнением – кольцо круглого сечения)

9. Ограниченный допуск на отверстия

- (d₁) H4 (по DIN составляет H5) для патронов для хвостовиков с лыской

10. ER-крепления

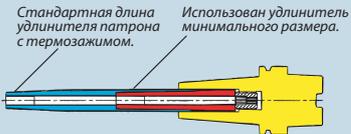
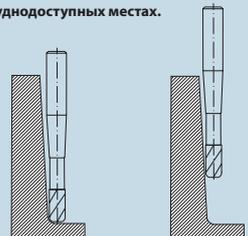
- с точно отбалансированной крепежной гайкой (совместима с HSC)
- крепежная гайка с покрытием, что обеспечивает увеличение зажимного усилия, снижение интенсивности износа и повышение безопасности технологического процесса
- высокая стабильность частоты вращения за счет точного изготовления, которое достигается совместным шлифованием конуса и резьбы крепежной гайки
- увеличенное сквозное отверстие (для обеспечения оптимального вылета инструмента)

2.6.4 Термозажимной патрон KELCH

Ниже приводится описание патронов с термозажимом в исполнениях – сверхкороткий и тонкий удлинённый – (см. таблицу 10.7).

	<p>Исполнение: Сверхкороткий с подводом СОЖ, отверстия перекрываются винтами</p> <ul style="list-style-type: none"> • жёсткий и виброустойчивый • предельная стойкость режущего инструмента • высочайшая чистота обработки поверхности
	<p>Исполнение: Тонкий – для чистовой обработки самых труднодоступных мест</p> <ul style="list-style-type: none"> • предельно тонкая конструктивная форма • точное концентричное вращение <3 мкм • отсутствие выступающих частей • оптимальная жёсткость • пригодность для использования в режиме высокой частоты вращения
<p>Применение:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Идеальное приспособление для изготовления прессформ и штампов • Подходит для твердосплавного инструмента <p>Применение: Для крепления фрез и свёрл с цилиндрическим хвостовиком с допуском h6</p>	

Таблица 10.7 Термозажимной патрон KELCH – сверхкороткий и тонкий удлинённый варианты

<p>KELCH Удлинители для патронов с термозажимом</p>	<p>Информация</p>
<p>Быстрая регулировка длины для каждого конкретного случая:</p> <p>Стандартная длина удлинителя патрона с термозажимом.</p> <p>Использован удлинитель минимального размера.</p> 	<p>Тонкий вариант: Для обработки в узких, труднодоступных местах.</p> 

2.6.5 Дополнительные принадлежности термозажимных приборов

KELCH Приспособления при установке и извлечении инструмента из термopatрона

Информация



■ Выталкиватель



■ Зажим для установки вылета



■ Комплект для извлечения

KELCH – Просто и гениально

Выталкиватель

Применение: Для легкого извлечения хвостовика - обломка инструмента.



Обломок - хвостовик в патроне | Определить длину необходимой длины выталкивателя | Отрегулировать длину выталкивателя (до упора + ок. 2 см) | Установить патрон с обломком на выталкиватель | Нагреть патрон | Как только патрон достигнет необходимой температуры, он упадет на предохранительную подкладку | Обломок инструмента можно легко извлечь

Зажим для установки вылета

Применение: Термозажим режущего инструмента производится до заданной длины вылета



Определить длину вылета режущего инструмента | Нагреть патрон с термозажимом | Вставить режущий инструмент до упора | Дать патрону остыть

Комплект для извлечения

Применение: Для определения оптимального момента, когда происходит ослабление крепления режущего инструмента в термopatроне

Преимущества: – нагревание не продолжается дольше, чем это необходимо (важно при использовании HSS!)
– даже при работе без перчаток отсутствует опасность получения травм и ожогов



Извлекающая пружина сжата и удерживается клещами. Нагреть патрон с инструментом | Ослабление хвостовика происходит, когда патрон с термозажимом достигает нужной температуры и расширится. Клещи ... | ... выдвигают режущий инструмент вверх. | Индуктор можно переместить вверх.

Инновационная технология термозажима

Широкий ассортимент оснастки для оптимального термозажима

- Возможность использования дополнительных элементов, **удлинитель** для самых длинных размеров А
- Поворот катушки на 180°



Рис. 10.6 Удлинитель

2.7 Области применения различных типов патронов

2.7.1 Сравнение характеристик различных типов патронов

Качество используемого вспомогательного инструмента имеет очень большое значение, в особенности в случае работы на высоких оборотах. Ниже приводится сравнение характеристик следующих патронов:

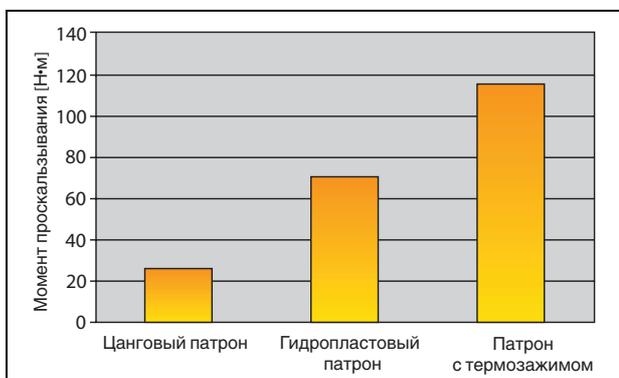
- цанговые патроны,
- гидропластовые патроны
- термозажимные патроны.

Обзор зависимости достижимой стойкости режущего инструмента и точности вращения отдельных вспомогательных инструментов представлен в главе «Сверление», раздел 10.1 на примере сверления.

Момент проскальзывания

Для всех перечисленных выше патронов характерно то, что передача вращающего момента происходит за счёт сил трения. Поэтому величина передаваемого момента является характеристикой качества патронов (см. рис. 10.7). Согласно диаграмме максимальная передача вращающего момента обеспечивается при помощи **патронов с термозажимом**. При этом **статический** момент проскальзывания более 100 Н•м (для инструмента диаметром 10 мм) является достаточным для стандартных операций обработки резанием. Проблематично применение цанговых патронов для крепления инструмента с небольшим хвостовиком. В данном случае при вращающих моментах от 15 до 25 Н•м (момент затяжки патрона 50 Н•м) происходит проскальзывание. Характеристика патрона при **динамической** нагрузке даже при высокой частоте вращения (до 30 000 об/мин) максимум на 10–15 % меньше, чем при статической нагрузке.

Рис. 10.7
Максимальный статический крутящий момент для различных типов вспомогательного инструмента



Радиальная характеристика жёсткости

На рис. 10.8 показана общая характеристика жёсткости различных патронов при диаметре хвостовика инструмента 10 и 16 мм.

Значительная доля общей характеристики приходится на вспомогательный инструмент. Цанговые и гидропластовые патроны имеют примерно одинаковую характеристику жёсткости. Термозажимные патроны показывают лучший результат, так как в данном случае жёсткость превышает на 20–30 % жёсткость патронов других типов.

Сравнение диаметров зажима 10 и 16 мм показывает, что при прочих равных условиях жёсткость при меньшем диаметре примерно в три раза хуже жёсткости при большем диаметре. Из этого следует, что способ зажима имеет значение в особенности при малых диаметрах инструмента.

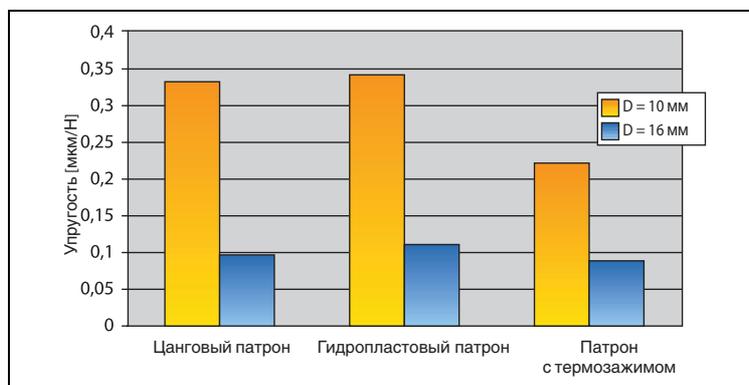


Рис. 10.8 Статическая упругость различных типов вспомогательного инструмента

2.7.2 Предельные значения частоты вращения различных типов патронов

Сравнение достижимых предельных значений частоты вращения различных патронов представлено на рис. 10.9. Из рисунка следует, что в особенности для высокоскоростной обработки предпочтительным является использование термозажимных патронов, а также высокоточных и гидропластовых патронов, поскольку они пригодны для эксплуатации в диапазоне высокой частоты вращения.

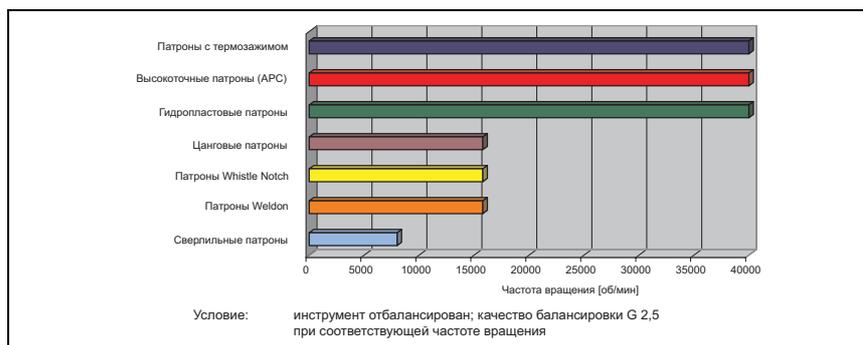


Рис. 10.9 Предельные значения частоты вращения

2.7.3 Проверка усилия затягивания патронов

Уникальной разработкой для проверки усилия затягивания шпинделя является KELCH-SAFE CONTROL.



Рис. 10.10 SAFECONTROL фирмы KELCH

Преимущества:

- Повышение срока службы вспомогательного инструмента
- Стабильное качество обработки
- Снижение доли брака
- Простота обслуживания
- Бездеформационное измерение, исключающее искажение результата
- Снижение интенсивности износа инструмента – редко разрушение инструмента
- Повышение степени чистоты обработки поверхности
- Уменьшение нагрузки на главные шпиндели и направляющие

2.8 Приводные головки для фрезерных станков

Применяются для расширения технологических возможностей оборудования. С их использованием повышается общая эффективность производства, так как появляется возможность решения более сложных и разнообразных технологических задач, при относительно небольших финансовых вложениях, не сравнимых с затратами на новое оборудование. Ниже на *рис. 10.12* представлен обзор моделей приводных головок с внутренним и внешним подводом СОЖ для использования в многоцелевых обрабатывающих центрах.



Рис. 10.11 Приводная головка

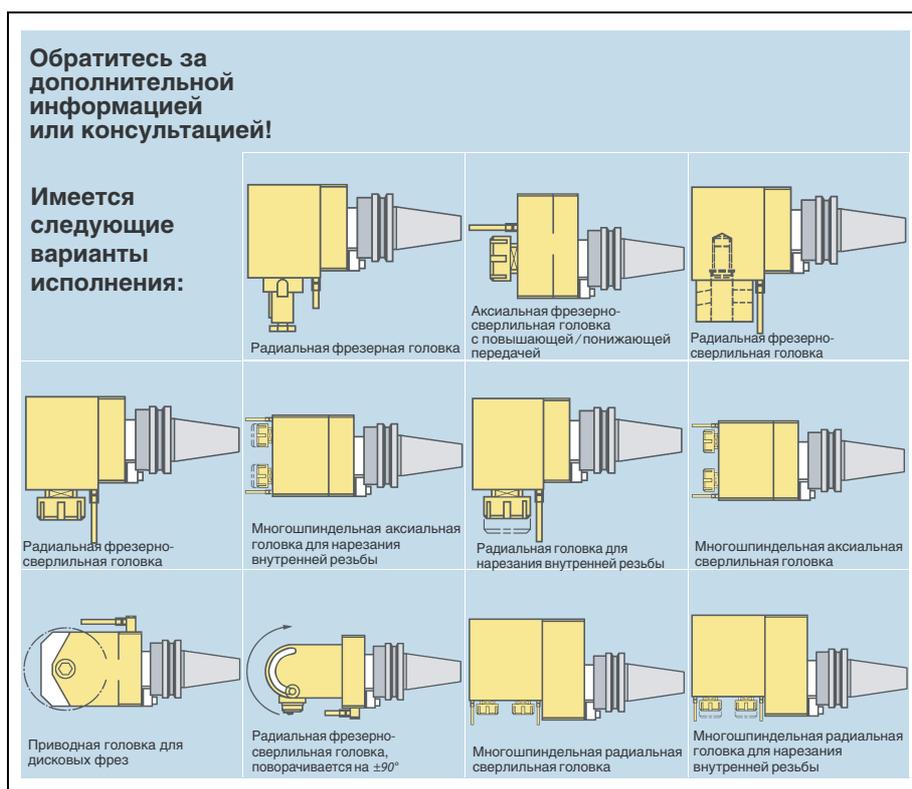


Рис. 10.12 Обзор моделей приводных головок для использования во фрезерных обрабатывающих центрах.

3 Балансировка вспомогательного инструмента



Рис. 10.13 Балансировочное устройство ВМТ

Дисбаланс возникает в том случае, если центр тяжести ротора находится за пределами оси его вращения (см. рис. 10.14, эксцентриситет e). Причины дисбаланса могут быть разными, например:

- Несимметричная конструкция ротора (канавка под захват по DIN 69871 или затяжной винт в патронах Weldon)
- Несимметричное распределение нагрузки по причине радиального биения
- Несоблюдение соосности во время монтажа инструмента из нескольких конструктивных элементов (например, модульное соединение расточных систем)
- Радиальное биение в опоре ротора (например, в опоре шпинделя)

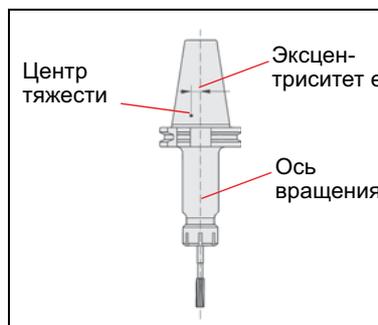


Рис. 10.14 Дисбаланс

Последствия дисбаланса:

- под действием центробежных сил увеличивается нагрузка на опору шпинделя (возможно разрушение подшипников),
- вследствие вибраций возможно снижение чистоты обработки поверхности заготовки или
- снижается точность соблюдения размеров, а также
- значительно снижается стойкость режущего инструмента.

Поэтому необходима **балансировка**. В процессе балансировки устраняется несимметричность распределения нагрузки на ротор. Это может быть достигнуто за счёт:

- прибавления массы
- изменения положения масс
- удаления масс



Рис. 10.15 Варианты балансировки

3.1 Статическая балансировка

Статический дисбаланс может быть измерен также при неподвижном роторе. Во время вращения он является причиной возникновения центробежной силы, перпендикулярной оси вращения. Требуется балансировка в одной плоскости. Положение плоскостей балансировки при этом произвольное (см. рис. 10.16)

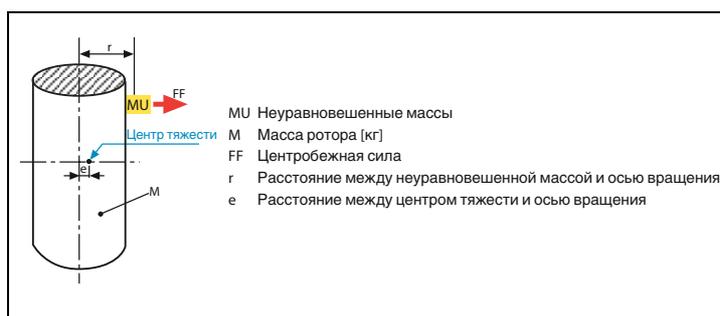


Рис. 10.16
 Статический дисбаланс

3.2 Динамическая балансировка

Комбинация статического дисбаланса и дисбаланса моментов во время вращения вызывает биение (центробежные силы пересекаются с осью вращения). В данном случае требуется балансировка в двух плоскостях. При этом плоскости балансировки должны находиться на максимальном расстоянии.

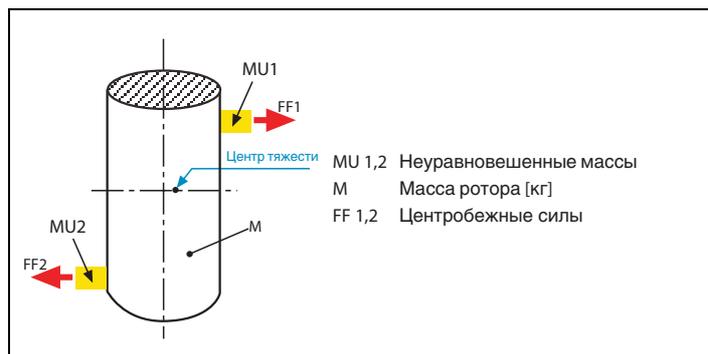


Рис. 10.17 Динамический дисбаланс

3.3 Качество балансировки и остаточный дисбаланс

Точность балансировки определяется **качеством балансировки G**. Она действительна **только для определённой рабочей частоты вращения** ротора. На основании качества балансировки, рабочей частоты вращения и массы ротора производится расчёт допустимого **остаточного дисбаланса U_{zul}** . Действительны следующие соотношения:

$$U_{zul} = \frac{G \cdot M}{n} \cdot 9549$$

- U_{zul} Допустимый остаточный дисбаланс ротора [гмм]
- G Качество балансировки (уравн. 10.1)
- M Масса ротора [кг]
- n Рабочая частота вращения ротора [об/мин]
- 9549 Коэффициент пересчёта

Для наглядного представления величины допустимого остаточного дисбаланса удобно дисбаланс перевести в **эксцентриситет e** (уравн. 10.2).

$$e_{zul} = \frac{U_{zul}}{M}$$

- e_{zul} Допустимый эксцентриситет [мкм]
- U_{zul} Допустимый остаточный дисбаланс [гмм] (уравн. 10.2)
- M Масса ротора [кг]

Необходимо учитывать, что даже новые шпиндели имеют радиальное биение до 3 мкм, что соответствует эксцентриситету $e = 1,5$ мкм. **Вывод:**

На практике допустимый остаточный дисбаланс **менее 1 гмм не может быть достигнут.**

Пример расчёта достижимой точности:

Фреза крепится в цанговом патроне (общая масса 0,8 кг). Использование инструмента предполагается при частоте вращения 15 000 об/мин. Патрон изготовлен с качеством балансировки - G 2,5.

Допустимый дисбаланс:
$$U_{zul} = \frac{G \cdot M}{n} \cdot 9549 = \frac{2,5 \cdot 0,8}{15000} \cdot 9549 = 1,3 \text{ гмм}$$

Допустимый эксцентриситет:
$$e_{zul} = \frac{U_{zul}}{M} = \frac{1,3 \cdot \text{гмм}}{0,8 \cdot \text{кг}} = 1,6 \text{ мкм}$$

Таким образом, центр тяжести инструментальной системы может быть смещён не более чем на 1,6 мкм от оси вращения. При балансировке за ось вращения принимается ось SK- или HSK-конуса.

На рис. 10.18 показан **допустимый остаточный дисбаланс** в зависимости от классов качества и частоты вращения по стандарту DIN ISO 1940.



Рис. 10.18 Допустимый остаточный дисбаланс и рабочая частота вращения в зависимости от классов качества по стандарту DIN ISO 1940

Важным моментом при высоких значениях частоты вращения является достаточное **качество балансировки**, причем не только самого вспомогательного инструмента, но и всей инструментальной системы. Даже если элементы модульной инструментальной системы отбалансированы каждый в отдельности, возможен дисбаланс системы в сборе по причине допусков на монтаж.

На *рис. 10.19* показан пример качества балансировки систем в сборе. Из рисунка следует, что в случае применения патрона с качеством балансировки G 6,3 и фрезы G 16 при частоте вращения 30 000 об/мин общее качество балансировки составит G 2,37.

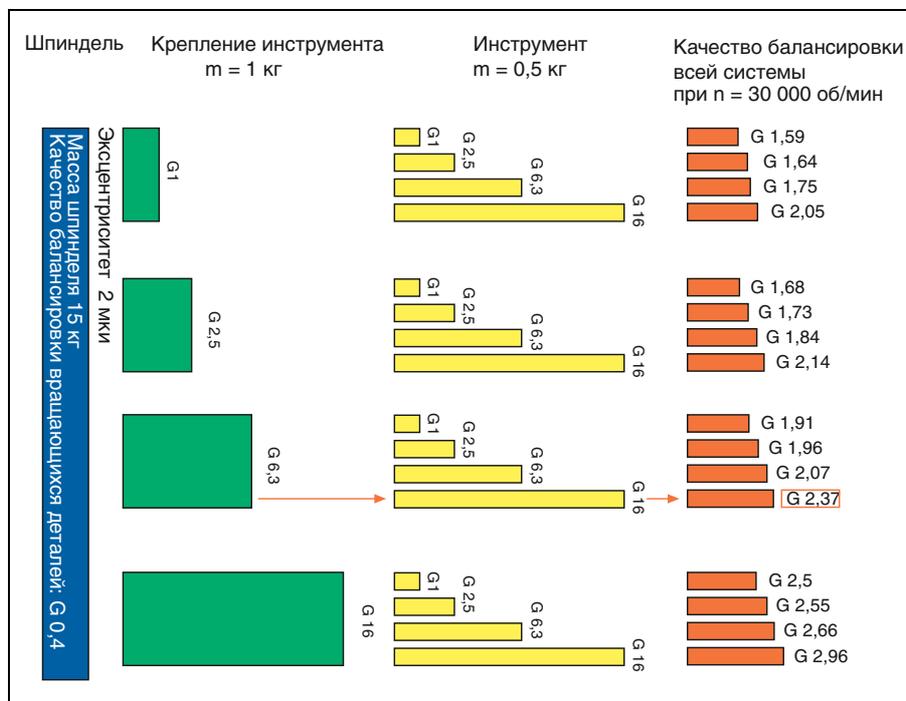


Рис. 10.19 Пример качества балансировки систем в сборе

Разработчики современных инструментальных и шпиндельных систем, в особенности для **HSC-обработки**, сталкиваются с проблемой границ балансировки по классам качества в соответствии со стандартом DIN ISO 1940. Например, допустимый остаточный дисбаланс при частоте вращения $n = 10\,000$ об/мин составляет для класса качества G 1 $U_{zul} = 1$ гмм (см. рис. 10.18). Это соответствует допустимому эксцентриситету $e_{zul} = 1$ мкм. При увеличении частоты вращения в два раза до 20 000 об/мин данное значение уменьшается вдвое до 0,5 гмм и, соответственно, 0,5 мкм. Так как данные величины, как уже говорилось, больше не могут быть измерены и компенсированы обычными приборами, на базе терминологии, определённой стандартом DIN ISO 1940, VDMA (Объединение машиностроительных институтов Германии) была составлена и издана инструкция с требованиями к балансировке инструментальных систем для высокоскоростной обработки.

В качестве унифицированного класса качества балансировки рекомендуется класс **G 16**, который представляет собой компромисс между необходимой защитой шпинделей, а также балансировкой, рациональной с технической и экономической точек зрения. Следующие из этого величины допустимого эксцентриситета e_{zul} , превышающие допуск на смену для инструментальных систем, представлены в таблице 10.8.

	Частота вращения [об/мин]					
	10 000	15 000	20 000	25 000	30 000	40 000
	Доп. эксцентриситет [мкм] и удельн. остаточный дисбаланс [гмм/кг]					
G 2,5	2,5	1,7	1,25	1	0,9	0,65
G 6,3	6,3	4,3	3,2	2,6	2,1	1,6
G 16	16	11	8	6,5	5,5	4
G 40	40	27	20	16	13	10

Таблица 10.8 Допустимый эксцентриситет и удельный остаточный дисбаланс для инструментальных систем для высокоскоростной обработки в соответствии с инструкцией VDMA

4 Вспомогательный инструмент по стандарту VDI

Стандартом для данной оснастки является DIN 69880 / VDI 3425.

На *рис. 10.20* показано использование отдельных осевых и радиальных резцедержателей в зависимости от направления вращения шпинделя **для револьверной головки**. Применение для **радиальной револьверной головки** описано в разделе 5.1.2.2

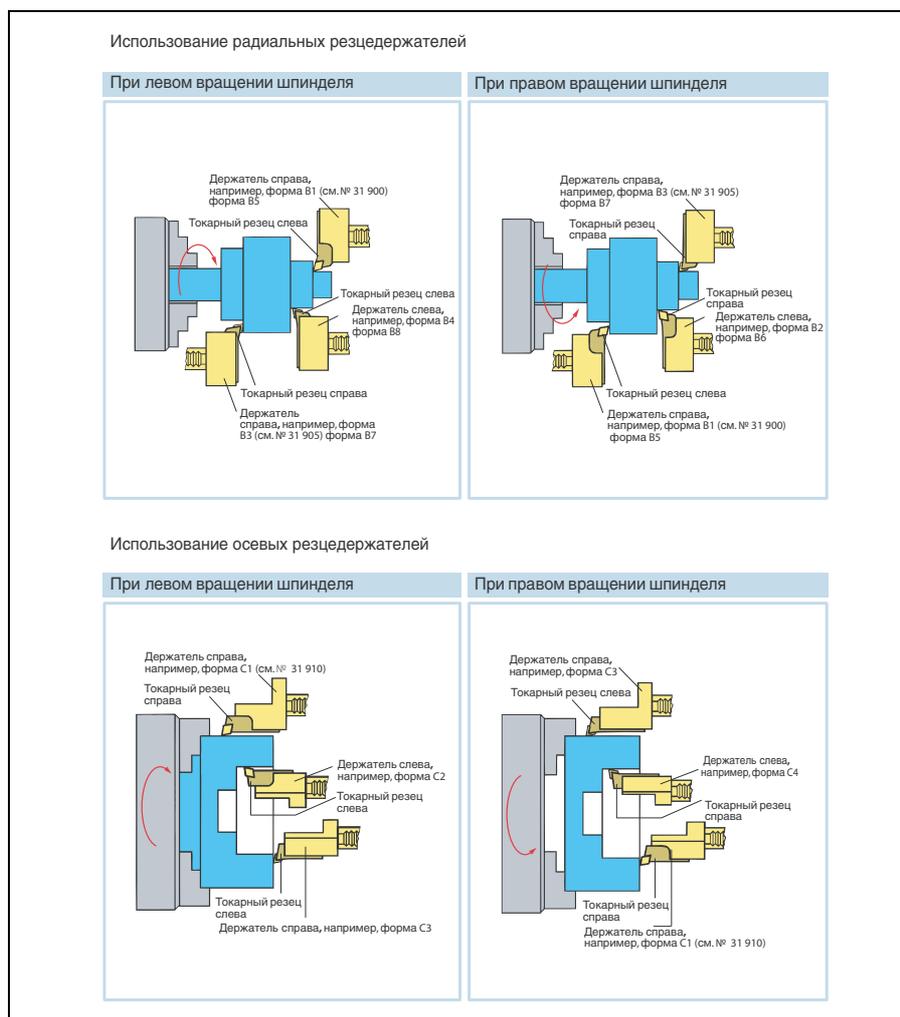


Рис. 10.20 Использование осевых и радиальных резцедержателей в аксиальной револьверной головке

5 Приводные головки для токарных обрабатывающих центров

5.1 Особенности использования приводных головок

Изделия EWS с цилиндрическим хвостовиком по DIN 69880 являются изделиями высокой точности. Хвостовик, зубья, поверхности для крепления инструмента – шлифованные. То же самое относится к призматическим креплениям по DIN 69881.

В зависимости от особенностей станков имеются приводные головки с разными передаточными отношениями и различной конструкции. Благодаря многообразию изделий можно подобрать оптимальный вариант для самых разных задач.

5.1.1 Названия и варианты исполнения приводных головок

Ниже представлены отдельные варианты исполнения приводных головок (см. рис. 10.21).



Рис. 10.21 Приводные головки – примеры специального исполнения

Названия приводных головок присвоены исходя из особенностей конструкции, а не способа обработки, т. е. различают (см. рис. 10.12):

- Осевая или аксиальная головка
- Режущий инструмент закрепляется на продолжении хвостовика или параллельно хвостовику со смещением по оси.
- Угловая или радиальная головка
- Режущий инструмент закрепляется под углом к хвостовику.

Имеется огромное число и других вариантов исполнения приводных головок.



Рис. 10.22 Резцедержатели – примеры различного исполнения

Hoffmann Group EWS Онлайн-каталог на сайте: www.hoffmann.ews-tools.com **Информация**

Загляните в новый EWS-онлайн-каталог – простой и быстрый поиск нужного инструмента VDI!

Зайдите на сайт www.hoffmann.ews-tools.com и выберите по своему клиентскому номеру или почтовому индексу контактное лицо.

Поиск по 'модели станка' или каталожному номеру. Широкая номенклатура инструментов EWS.

Точные технические спецификации, частично поворотные трёхмерные модели и скачиваемые данные системы CAD помогут вам сделать правильный выбор.

Поместите выбранный инструмент в корзину и вышлите заявку – готово: в скором времени вы получите обязательное предложение от компании Hoffmann

Воспользуйтесь прямой ссылкой – просто, быстро, надёжно
www.hoffmann.ews-tools.com

Прежде чем оформить заказ, сначала необходимо заполнить следующий формуляр с целью определения спецификации.

ОПРОСНЫЙ ЛИСТ



Приводные головки для многоцелевых токарных станков с КЧПУ

Приложите опросный лист к заказу

Важно : Для быстрой обработки Ваших запросов обязательно заполните поля, отмеченные ⊗

Информация: Хвостовик и привод всегда зависят от типа станка/ модели!

Фирма: _____ _____	Контактное лицо: _____ Должность: _____ Отделение: _____ Телефон: _____ Факс: _____
------------------------------	--

⊗ Изготовитель станка (например, Gildemeister): _____	⊗ Модель (например, СТХ 500): _____ № станка и год изготовления: _____
--	---

Тип инструмента: <input type="checkbox"/> Осевой <input type="checkbox"/> HO (наруж. охл.) <input type="checkbox"/> ВО/НО <input type="checkbox"/> Радиальный <input type="checkbox"/> HO (наруж. охл.) <input type="checkbox"/> ВО/НО <input type="checkbox"/> Радиальный со смещением <input type="checkbox"/> HO (наруж. охл.) <input type="checkbox"/> ВО/НО <input type="checkbox"/> Поворотный +/- 90° <input type="checkbox"/> HO (наруж. охл.) <input type="checkbox"/> ВО/НО 50 мм / VDI 50 <input type="checkbox"/> Другого типа: _____	Диаметр хвостовика: <input type="checkbox"/> 20 мм / VDI 20 <input type="checkbox"/> 30 мм / VDI 30 <input type="checkbox"/> 40 мм / VDI 40 <input type="checkbox"/> _____ <input type="checkbox"/> Другого типа: _____
---	---

Имеется ли элемент для базирования: <input type="checkbox"/> Да <input type="checkbox"/> Нет
Если да, то какого типа: <input type="checkbox"/> Штифт <input type="checkbox"/> Шпонка <input type="checkbox"/> Другого типа: _____ <input type="checkbox"/> Паз Планка _____ <input type="checkbox"/>

⊗ Тип револьверной головки/ № (например, Sauter 05.473.516), если другого изготовителя: <input type="checkbox"/> Sauter №: _____ <input type="checkbox"/> Diplomatic №: _____ <input type="checkbox"/> Baruffaldi №: _____ <input type="checkbox"/> Другого типа: _____	Привод: <input type="checkbox"/> DIN 1809 <input type="checkbox"/> DIN 5480 <input type="checkbox"/> DIN 5482 <input type="checkbox"/> TOEM <input type="checkbox"/> Другого типа: _____
--	--

Патрон: <input type="checkbox"/> Цанговый патрон/форма <input type="checkbox"/> ER
Примечания: _____ _____ _____

5.1.2 Варианты применения в револьверной головке

5.1.2.1 Аксиальные револьверные головки

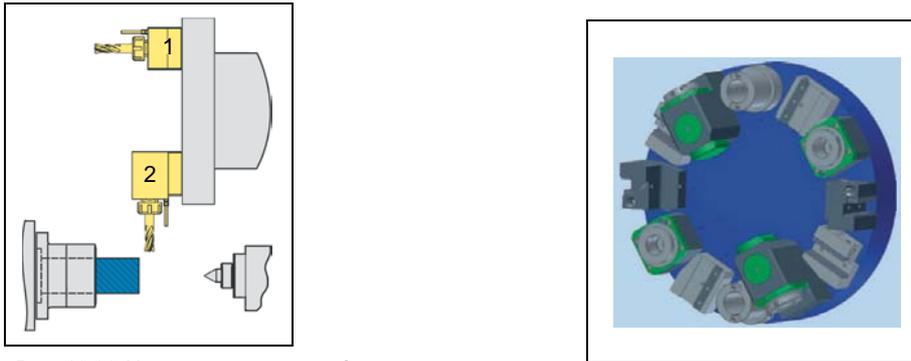


Рис. 10.23 Использование приводных головок на многоцелевых токарных обрабатывающих центрах с аксиальной револьверной головкой

На рис. 10.23 представлена общая схема применения приводных головок в аксиальной револьверной головке. При этом инструменты крепятся на торцевой стороне револьверной головки. Осевые головки работают в аксиальном направлении (головка 1), а угловые в радиальном (головка 2). При этом для угловых головок необходимо учитывать радиус поворота револьверной головки.

5.1.2.2 Радиальные револьверные головки

При использовании радиальной револьверной головки инструменты крепятся по её периметру (см. рис. 10.24). В данном случае важным моментом является положение револьверной головки по отношению к шпинделю:

- Револьверная головка **перпендикулярна** шпинделю:
 - осевая головка = обработка в радиальном направлении
 - угловая головка = обработка в аксиальном направлении
- Револьверная головка **параллельна** шпинделю:
 - осевая головка = обработка в аксиальном направлении
 - угловая головка = обработка в радиальном направлении

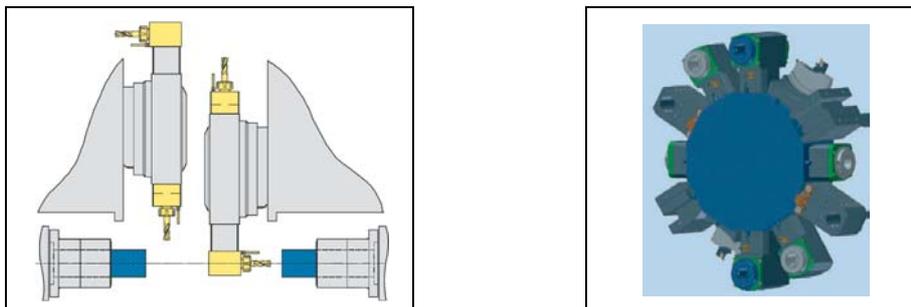


Рис. 10.24 Использование приводных головок на многоцелевых токарных обрабатывающих центрах с радиальной револьверной головкой

Станки с радиальной револьверной головкой часто имеют обратный шпиндель (субшпиндель). Это позволяет использовать правый и левый инструмент, а также поворачивать инструмент на 180°.

• **Правый инструмент:**

Инструмент расположен хвостовиком от вас. Зубья находятся сверху. Если смотреть на инструмент сверху – режущая кромка находится справа.

• **Левый инструмент**

Инструмент и хвостовик расположены, как описано выше. Однако режущая кромка направлена влево.

5.2 Модульные приводные головки EWS-VARIA

EWS-VARIA – приспособленная для токарных обрабатывающих центров модульная быстросменная система, позволяющая за несколько секунд производить замену необходимых инструментальных головок. Система EWS разработана с учетом ограниченных рабочих зон токарных обрабатывающих центров, что позволяет использовать инструментальные системы максимальной короткой конструктивной длины, чтобы, во-первых обеспечить свободу действий в процессе обработки и, во-вторых, безопасность замены сменных элементов.

Инструмент снимается при помощи одного зажимного винта, который необходимо повернуть на 210° (зажимание без поперечных усилий, обслуживание одной рукой). При помощи системы механического выталкивания сменные элементы легко извлекаются из крепления, даже в том случае, если произошло их приклеивание охлаждающей эмульсией.



Рис. 10.25 EWS-VARIA

5.3 Исполнения хвостовиков входных валов

На *рис. 10.26* показаны наиболее широко применяемые исполнения хвостовиков входных валов приводных головок. Среди общего количества многоцелевых токарных обрабатывающих центров в примерно 80 % используются приводы по DIN 1809, DIN 5480 или DIN 5482.



Рис. 10.26 Типы хвостовиков приводных головок

6 Система базирования по нулевой точке GARANT ZeroClamp

Система базирования по нулевой точке GARANT ZeroClamp представляет собой высоконадежную модульную конструкцию для закрепления на столах станков приспособлений, тисков или деталей, которая гарантирует высокую оперативность, надёжность крепления и точность. Системы базирования по нулевой точке обеспечивают значительное снижение затрат времени на подготовку и вспомогательное время технологической операции. Благодаря использованию системы базирования по нулевой точке GARANT ZeroClamp основное время технологической операции можно повысить до 90 % без значительных затрат на капитальные вложения, эксплуатацию и ремонт.

Так как GARANT ZeroClamp подходит ко всем типам станков, систему можно быстро приспособить к конкретному виду работ. Возможности системы базирования по нулевой точке GARANT ZeroClamp наиболее полно проявляются в тех случаях, когда необходимо часто производить переналадку оборудования, например, при изготовлении единичных образцов или небольших и средних партий изделий.

Рис. 10.27 Преимущества системы базирования по нулевой точке GARANT ZeroClamp



6.1 Конструкция и особенности GARANT ZeroClamp

Система базирования по нулевой точке GARANT ZeroClamp имеет простую и надёжную конструкцию. Отсутствуют шариковые зажимы или открыто работающие цанги. Механизм герметизирован, т. е. защищён от воздействия внешних факторов.

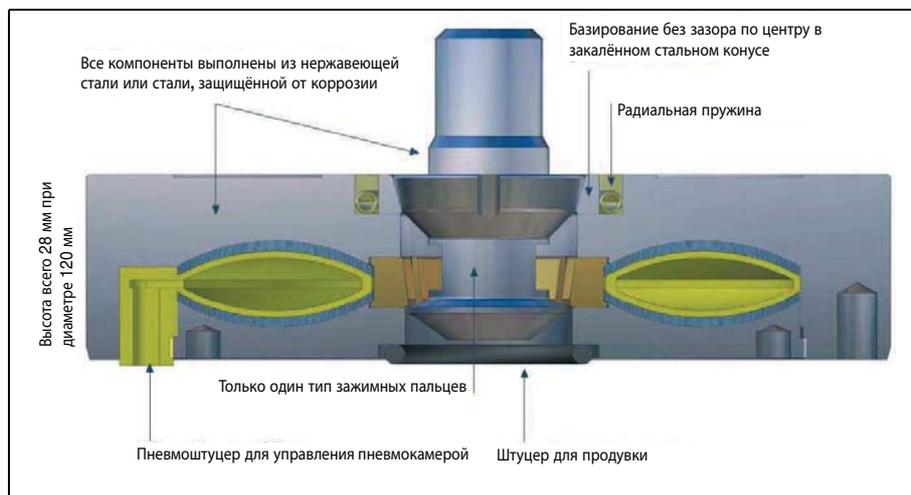


Рис. 10.28 Конструкция системы базирования по нулевой точке GARANT ZeroClamp

Основные особенности:

- Зажимание без зазоров через конусы, повторяемость < 5 мкм
- Исключительно высокое усилие зажима 25 кН (высокая надёжность и точность даже при вертикальном положении)
- Предусмотрена функция выравнивания (термосимметрия, см. рис. 10.29)
- Фиксация всегда производится пальцами только одного типа (не требуются цилиндрические, срезанные или крепежные пальцы – т. о. обеспечивается высокая степень совместимости)
- Простая и надёжная конструкция (без высокоточных шариковых зажимов), следовательно, низкие затраты на изготовление
- Соответствует гидрозажимным системам благодаря принципу зажимания (раскрывается посредством пневматики и производит зажимание через пружинный энергоаккумулятор)
- Гасит колебания
- Нечувствительна к стружке и грязи
- Не является самотормозящейся, т. е. при выходе из строя можно снять при помощи отжимного винта (необходимое усилие ок. 25 кН на точку зажима для варианта на 5 бар)
- Простота обслуживания. Замену приспособления может производить даже необученный персонал, ошибки позиционирования при этом исключены

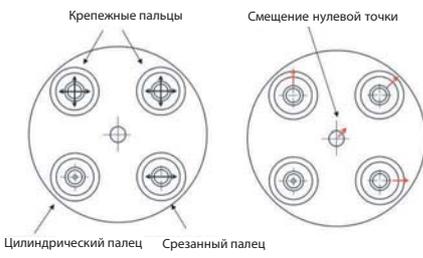
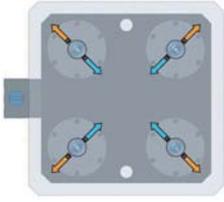
<p>Без термосимметрии → смещение нулевой точки В обычных системах выравнивание термических колебаний или других неточностей происходит посредством так называемых пальцев различного назначения. При этом происходит смещение относительно центра оси</p>	<p>GARANT ZeroClamp с функцией термосимметрии → отсутствие смещения нулевой точки Компенсация возможных тепловых расширений опоры. Центрирующие конусы с радиальными пружинами обеспечивают возможность компенсации. Благодаря этому центр приспособления даже при температурных изменениях всегда остается в центре основания. Таким образом, нулевая точка всегда находится неизменно в центре.</p>
	

Рис. 10.29 Компенсация возможных погрешностей вследствие тепловых деформаций

6.2 Принцип действия GARANT ZeroClamp

По принципу действия система GARANT ZeroClamp аналогична полому конусу. При этом благодаря упругости соединения обеспечивается как радиальный, так и аксиальный контакт.

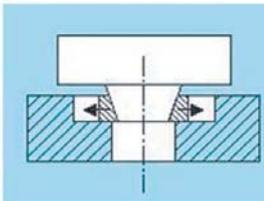
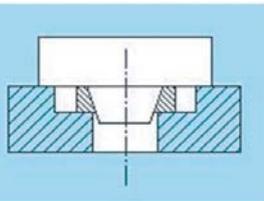
<p>При установке подпружиненный центрирующий конус с упругой компенсацией немного расширяется.</p>	<p>В результате палец перемещается до полного прилегания к горизонтальной плоскости абсолютно без зазора.</p>
	

Рис. 10.30 Зажимание без зазоров

Ниже представлен принцип действия. Для отпускания зажимных пальцев требуется давление сжатого воздуха лишь 5 бар. При этом фиксация производится через пружинный энергоаккумулятор.

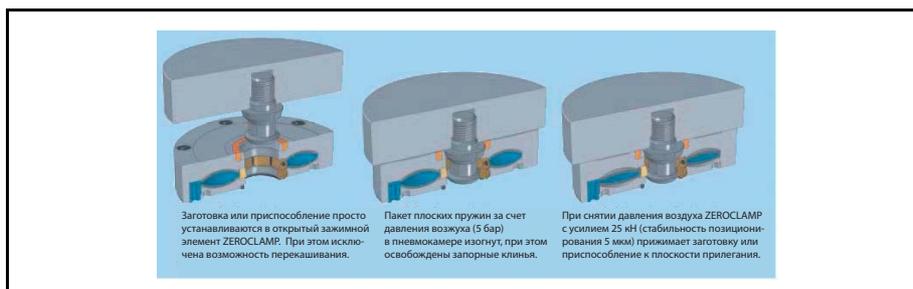


Рис. 10.31 Принцип действия GARANT ZeroClamp в разрезе

6.3 Стандартная система базирования и специальные варианты

Данная система базирования благодаря простоте конструкции может легко использоваться для любых стандартных задач и реализации индивидуальных технологических процессов. Возможность приспособления системы к специфическим требованиям заказчика реализуется за счёт использования зажимных пальцев, которые обеспечивают соединение GARANT ZeroClamp с существующими станочными приспособлениями.

6.3.1 Стандартная система базирования для вертикально-фрезерных станков

Базовые плиты имеются в виде стандартных базовых комплектов, состоящих из 2, 4 и 6 зажимных элементов. На плитах предусмотрены крепежные отверстия под винты с внутренним шестигранником. Отверстия могут быть использованы для 3 различных интервалов Т-пазов (63, 100 и 125 мм). Кроме того, в каждом базовом элементе имеется центральное отверстие $\varnothing 25$ H7 для использования базировочного комплекта, а также два наружных отверстия $\varnothing 25$ H7 для базировочных комплектов, предназначенных для позиционирования в направляющем пазу. Межосевое расстояние составляет 200 мм в обоих направлениях (X и Y).

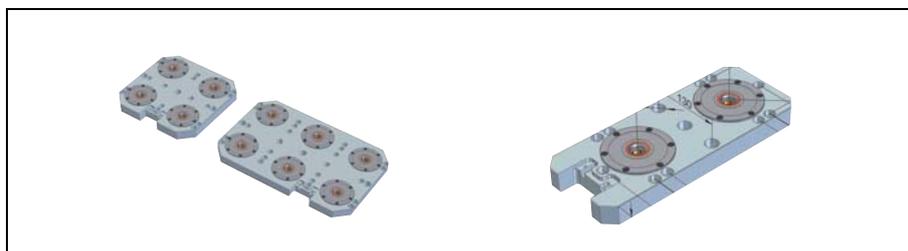


Рис. 10.32 Стандартная система базирования для вертикально-фрезерных станков

6.3.2 Стандартная система базирования для горизонтально-фрезерных станков с опорой 500x500

Система базирования для горизонтально-фрезерных станков состоит из следующих деталей:

- **Базовая плита** с 6 зажимными элементами (для крепления вертикальных приспособлений)
На базовой плите предусмотрены крепежные отверстия под винты с внутренним шестигранником М16 с шагом 100 мм. С их помощью базовая плита крепится к столу станка. Кроме того, в каждой базовой плите имеется центральное отверстие Ø 25 Н7 для использования базирующего комплекта, а также два наружных отверстия Ø 25 Н7 для базирующих комплектов, предназначенных для позиционирования в направляющем пазу.
- **Вертикальные приспособления** (устанавливаются на базовую плиту)



Рис. 10.33 Стандартная система базирования для горизонтально-фрезерных станков

6.3.3 Специальные варианты

В каждом базовом приспособлении имеется центральное отверстие $\varnothing 25$ H7 для использования базующего комплекта, а также два наружных отверстия $\varnothing 25$ H7 для базующих комплектов, предназначенных для позиционирования в направляющем пазу.

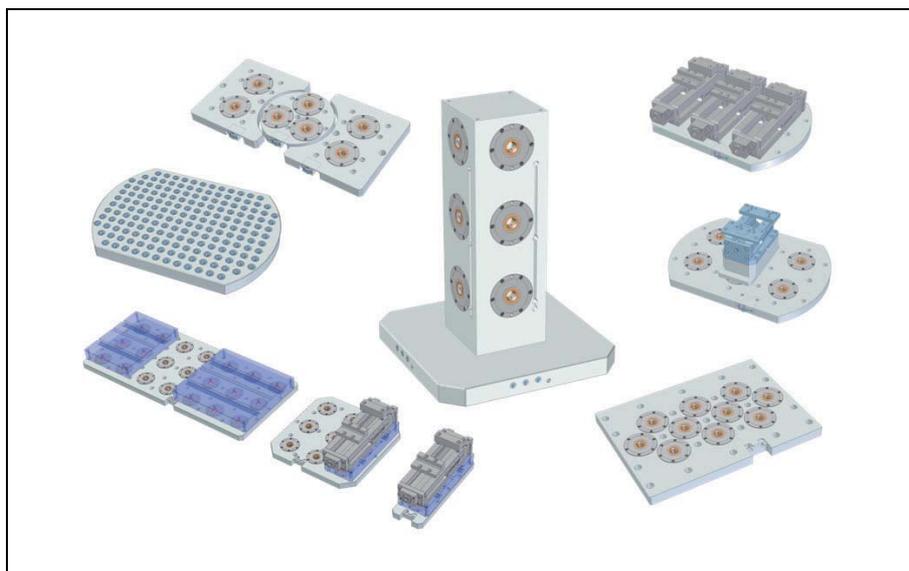


Рис. 10.34 Специальные варианты GARANT ZeroClamp

7 Исполнение хвостовиков вспомогательного инструмента по стандартам DIN 228 и DIN 2080

Хвостовики инструмента по стандартам DIN 228 и DIN 2080 (основной размер E)

DIN 228 Конусы Морзе и метрические конусы (май 1987)
DIN 2080 SK конусы (декабрь 1978)

Конус Морзе и метрический конус по DIN228 с лапкой

Конус Морзе и метрический конус DIN 228 с затяжной резьбой

Конус	Конусность	Угол α	a	b	d1	d2	d3	d4	d5	d6	d7*	L1	L2	L3	L4	L5	L6	t*	
			мм	мм	мм	мм	мм	мм	метрич.	дюйм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	
МК0	1:19,212=0,05205	1°29'27"	3	3,9	9,045	9,2	6,4	6"	—	6,1	6	50	56,5	10,5*	—	4	—	—	
МК1	1:20,047=0,04988	1°25'43"	3,5	5,2	12,065	12,2	9,4	9"	M 6	—	9	8,7	53,5	62*	13,5*	16**	5	—	
МК2	1:20,020=0,04995	1°25'50"	5	6,3	17,780	18	14,6	14"	M10	—	14	13,5	64	75*	16*	24**	5	—	
МК3	1:19,922=0,05020	1°26'16"	5	7,9	23,825	24,1	19,8	19"	M12	Wh 1/2"	19,1	18,5	81	94*	20*	24**	7	—	
МК4	1:19,254=0,05194	1°29'15"	6,5	11,9	31,267	31,6	25,9	25"	M16	Wh 5/8"	25,2	24,5	102,5	117,5*	24*	32**	9	—	
МК5	1:19,002=0,05263	1°30'26"	6,5	15,9	44,399	44,7	37,6	35,7"	M20	Wh 3/4"	36,5	35,7	129,5	149,5*	29*	40**	10	—	
МК6	1:19,180=0,05214	1°29'36"	8	19	63,348	63,8	53,9	51"	M24	Wh 1"	52,4	51	182	210*	40*	47**	16	—	
4			2	—	4	4,1	2,9	2,5"	—	—	—	—	23	—	—	2	—	—	
6			3	—	6	6,2	4,4	4"	—	—	—	—	32	—	—	3	—	—	
80			8	26	80	80,4	70,2	67"	M30	Wh 1 3/8"	69	67	196	220*	48*	59**	24	—	
100			10	32	100	100,5	88,4	85"	M36	Wh 1 3/8"	87	85	232	260*	58*	70**	30	—	
120	1:20=0,05	1°25'56"	12	38	120	120,6	106,6	102"	M36	Wh 1 3/8"	105	102	268	300*	68*	70**	36	—	
(140)			14	44	140	140,7	124,8	120"	M36	Wh 1 1/2"	123	120	304	340*	78*	70**	42	—	
160			16	50	160	160,8	143	138"	M48	Wh 1 3/4"	141	138	340	380*	88*	92**	48	—	
200			18	56	180	180,9	161,2	156"	M48	Wh 1 3/4"	159	156	376	420*	98*	92**	54	—	
(180)			20	62	200	201	179,4	174"	M48	Wh 2"	177	174	412	460*	108*	92**	60	—	
SK30	7:24 =		1,6	16,1	31,75	—	16,5	17,4	M12	1/2"-13UNC	—	—	68,4	48,4	33,5	24	3	8**	16,2
SK40	1:3,4286 =	8°17'50"	1,6	16,1	44,45	—	24	25,3	M16	5/8"-11UNC	—	—	93,4	65,4	42,5	32	5	10**	22,5
SK50	0,29167		3,2	25,7	69,85	—	38	39,6	M24	1"-8UNC	—	—	126,8	101,8	61,5	47	8	12**	35,3
SK60			3,2	25,7	107,95	—	58	60,2	M30	1 1/2"-7UNC	—	—	206,8	161,8	76	59	10	16**	60

Поперечное крепление DIN 1806 (июнь 1964)
для хвостовиков DIN 228

Конус	d2*	d3*	L1*	L2*	L3*	L4*	s1*	s2*
	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм
МК3	9,2	—	55,5	32	—	—	8,3	—
МК4	9,4	—	59,5	37	—	—	8,3	—
МК5	14	—	64	42	—	—	12,4	—
МК6	18,75	22,5	56	35	122	47	16,4	19,5
80	22,5	30	64	43	136	54	19,5	26,5
100	30	37	70	51	155	61	26,5	32,5
120	37	43,5	76	59	160	68	32,5	38,5
160	50	57	98	75	207	82	44,5	50,5

Конус Морзе 3-5

Конус Морзе 6 и метрические конусы 80-160

Цапфы для сверльных патронов DIN 238 (июнь 1962)

Размер цапфы	D	d	L	Возможность комбинации с конусом Морзе	Для сверльных патронов с диапазоном зажима	Ø зажима сверльного патрона
	мм	мм	мм			
B6	6,350	5,850	10	МК0 - МК2	до 3 мм	—
B10	10,094	9,4	14,5	МК0 - МК2	3 мм - 4 мм	8
B12	12,065	11,1	18,5	МК0 - МК2	6 мм - 8 мм	10
B16	15,733	14,5	24	МК1 - МК3	10 мм - 13 мм	16
B18 ¹⁾	17,431	16,2	32	МК1 - МК3	6 мм	16
B22	21,793	19,8	40,5	МК2 - МК4	0 мм	20
B24	23,825	21,3	50,5	МК3 - МК5	26 мм - 32 мм	26

Стойких в скобках () значений по возможности надлежит избегать!
*) макс. размер **) миним. размер
1) укороченный вариант

Таблица 10.9 Стандарты

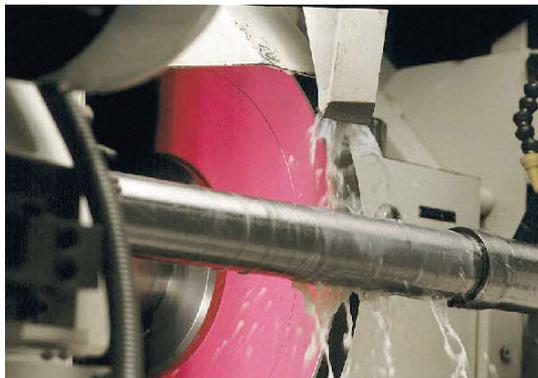
Оглавление

Перечень таблиц – Ориентировочные режимы правки шлифовальных кругов	785
1 Процесс шлифования	786
1.1 Процесс резания при шлифовании	786
1.2 Классификация способов шлифования	788
2 Структура и состав шлифовального инструмента	790
2.1 Абразивный материал / абразивное зерно	791
2.1.1 Виды абразивных материалов	791
2.1.2 Зернистость абразивного материала / размер зерна	794
2.2 Связки	795
2.2.1 Виды связок	796
2.2.2 Твёрдость шлифовальных кругов	797
2.3 Пористость / структура	798
3 Форма и спецификация шлифовальных кругов	799
3.1 Форма и обозначение обычных шлифовальных кругов	799
3.2 Основа и абразивные накладки алмазного инструмента и инструмента из кубического нитрида бора	800
4 Переменные и характеристические величины при шлифовании	801
4.1 Переменные величины	801
4.2 Характеристические величины при шлифовании	802
5 Силы и потребляемая мощность при шлифовании	806
6 Определение основного машинного времени при шлифовании	809
6.1 Наружное и внутреннее круглое шлифование	809
6.1.1 Продольное шлифование	809
6.1.2 Врезное шлифование	810
6.2 Плоское или торцовое шлифование	810
6.2.1 Шлифование периферией круга	810
6.2.2 Шлифование торцом круга	811
7 Износ шлифовальных кругов	812
8 Восстановление режущей способности шлифовального инструмента	813
8.1 Теоретические основы	813
8.2 Неподвижный правящий инструмент	815
8.2.1 Выбор и рекомендации по использованию неподвижного правящего инструмента	815
8.2.2 Переменные и характеристические величины при правке неподвижным инструментом	815
8.2.3 Применение однокристалльного правящего инструмента	819
8.3 Вращающийся правящий инструмент	820
8.4 Восстановление режущей способности алмазных шлифовальных кругов и кругов из кубического нитрида бора	821
8.4.1 Правка (профилирование)	822
8.4.2 Заточка брусками	823

9	Смазочно-охлаждающие жидкости	823
9.1	Виды СОЖ	824
9.2	Подвод СОЖ	825
9.3	Контроль СОЖ	826
10	Меры предосторожности при шлифовании	827
10.1	Допустимая окружная скорость	827
10.2	Техника безопасности при шлифовании	827
11	Решение проблем при шлифовании	829

Перечень таблиц – Правка шлифовальных кругов

	Обработка	№ табл.	С.
Правка неподвижным правлящим инструментом	Рабочая скорость при правке однокристалльным алмазным правящим инструментом	11.11	817
	Радиальная и продольная подача при правке	11.12	818
	Рабочая ширина	11.13	818
	Коэффициент перекрытия	11.14	819
Правка инструментом с центробежным тормозом AV 500	Параметры правки	11.17	823



1 Процесс шлифования

По стандарту DIN 8589 шлифование относится к группе «Резание геометрически неопределёнными режущими кромками». Данный способ точной обработки позволяет добиться очень высокой точности размеров, высокой точности формы и профиля и определённой чистоты обработки поверхности. В частности, он подходит также для обработки твёрдых и плохо поддающихся резанию материалов. В настоящее время данный способ благодаря достижимой производительности съёма, которая обеспечивает также возможность рентабельной обработки резанием больших объёмов материала, пригоден не только для чистовой обработки. Несмотря на то, что глубина резания на режущую кромку относительно невелика, данный способ обработки позволяет за единицу времени снимать большие количества материала благодаря высоким скоростям резания в комбинации с такими параметрами шлифования, как скорость детали и ширина резания, а также большим числом режущих кромок.

1.1 Процесс резания при шлифовании

Неправильной формой и расположением абразивных зёрен (режущих кромок) шлифовального круга обусловлено наличие большого числа возможных условий врезания в деталь. В целом при обработке геометрически определёнными и геометрически неопределёнными режущими кромками имеют место одинаковые механизмы резания (см. также главу «Теоретические основы»). Правда, режущие кромки при шлифовании образуются высокопрочными зёрнами, причем одно зерно может иметь несколько рабочих режущих кромок. Однако размеры задействованных элементов значительно меньше по сравнению с резанием геометрически определёнными режущими кромками. Зоны контакта при шлифовании представлены на рис. 11.1.

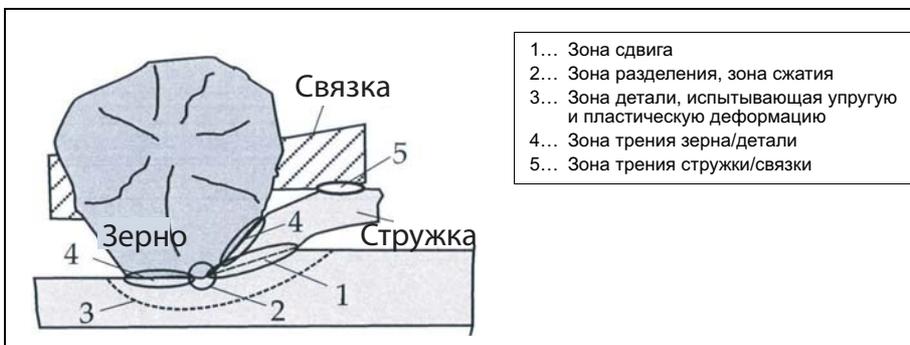


Рис. 11.1 Зоны контакта при шлифовании по TÖNSHOFF

Для снятия стружки в зоне сдвига (зона 1, рис. 11.1) совершается работа деформации, а на режущей кромке в зоне 2 работа разделения. Зона 3 соответствует зоне детали, которая при этом испытывает упругую и пластическую деформацию. Поскольку при шлифовании в отличие от обработки геометрически определённой режущей кромкой не может быть задан определённый задний угол, распределение трения (зона 4) происходит, в зависимости от формы зерна, по передней и задней поверхностям. Кроме того, в зоне 5 может возникать трение между стружкой и связкой абразивных зерен.

Вследствие очень большого числа отдельных режущих кромок, которые кроме того, как правило, имеют большой отрицательный передний угол, в зоне контакта детали и шлифовального круга происходит интенсивное выделение тепла. Прежде всего это имеет место при шлифовании металлов корундами (слабая теплопроводность, относительно большой радиус режущих кромок). Данные условия показаны на *рис. 11.2*.

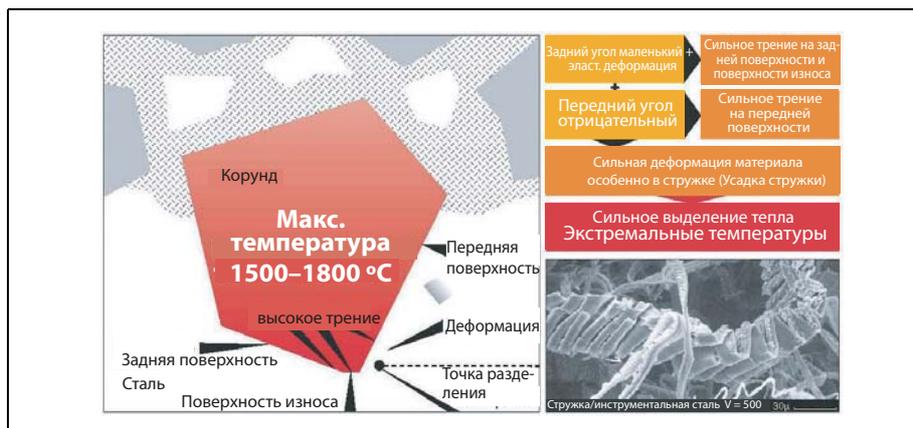


Рис. 11.2 Выделение тепла и повышение температуры в зоне контакта

При шлифовании наблюдаются различные процессы съёма, как одновременно в качестве отдельных процессов на различных зернах, так и последовательно при образовании стружки. (См. *рис. 11.3*) Следующие процессы наблюдаются при шлифовании металлов, напр., сталей и жаропрочных сплавов:

- **Резание:** образование сливной и широкой сливной стружки при слабом выделении тепла
- **Врезание:** образование «борозд» и «ленточной стружки», неблагоприятный энергобаланс
- **Деформирование:** образование «борозд» в результате пластической деформации, сдвиг материала без резания
- **Трение:** выделение теплоты трения и износ зерна, неблагоприятный процесс

Доля резания должна быть максимально высокой, а доля трения максимально низкой. Долю резания можно увеличить за счёт увеличения:

- скорости резания,
- глубины врезания зерна, а также нормальных или радиальных сил, действующих на зерно,
- коэффициента трения между деталью и абразивным зерном, а также
- вязкости материала заготовки.



Рис. 11.3 Механизмы съёма материала при шлифовании металлов

Условия врезания при шлифовании, в отличие от обработки геометрически определёнными режущими кромками, вследствие износа и выкрашивания зёрен постоянно изменяются.

1.2 Классификация способов шлифования

Общая классификация способов шлифования осуществляется по стандарту DIN 8589. Основные способы шлифования представлены на рис. 11.4, в целом они различаются по

- форме и положению получаемой поверхности,
- рабочей поверхности шлифовального инструмента, а также
- движению подачи.

Критерии классификации способов шлифования согласно DIN 8589				
Группировочные признаки	СПОСОБ ШЛИФОВАНИЯ			
1. Вид получаемой поверхности	Плоское шлифование (торцовое шлифование)		Круглое шлифование	
	Профильное шлифование		Профильное шлифование (заточка режущего инструмента)	
2. Положение получаемой поверхности на заготовке	Наружное (круглое) шлифование		Внутреннее (круглое) шлифование	
3. Рабочая поверхность шлифовального инструмента	Шлифование периферией круга		Боковое шлифование	
4. Движение подачи (направление)	Продольное шлифование			
	Поперечное шлифование			
	Перекрёстное шлифование			

Рис. 11.4 Классификация способов шлифования

Аналогично фрезерованию (см. главу «Фрезерование», раздел 1.1) при шлифовании также различают попутное и встречное шлифование. На рис. 11.5 это показано на примере наружного круглого и плоского шлифования.



Рис. 11.5 Попутное и встречное шлифование по стандарту DIN 8589

2 Структура и состав шлифовального инструмента

Режущие свойства шлифовального круга в значительной степени зависят от свойств и взаимодействия компонентов, определяющих структуру – абразивного зерна, связки и пор. При этом структурные компоненты выполняют следующую функцию:

- **Абразивный материал** обеспечивает высокую износостойкость (является режущей кромкой),
- **связка** – вязкость (демпфирование, степень твёрдости) и
- **поры** захватывают стружку и СОЖ (отвод).

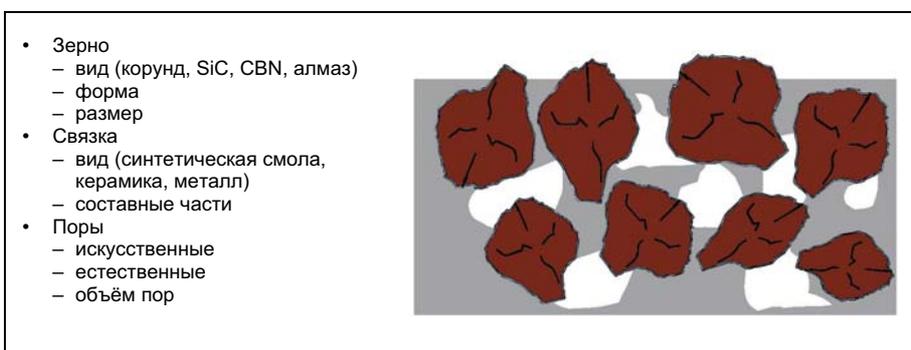


Рис. 11.6 Компоненты шлифовального круга

Ниже в общих чертах представлено влияние отдельных компонентов шлифовального круга на рабочие характеристики шлифовального инструмента.

Компоненты шлифовального круга	Влияние на
Абразивное зерно	Стойкость, производительность резания, тепловое воздействие, качество поверхности, расходы
Размер зерна	Качество поверхности, производительность резания
Вид связки	Стойкость, режущая способность, демпфирование, стабильность формы, тепловое воздействие
Степень твёрдости (противодействие связки выкрашиванию зёрен под влиянием силы резания)	Стойкость, режущая способность, тепловое воздействие, прочность
Структура / концентрация (относительная объёмная абразивных зёрен в общем объёме шлифовального инструмента, расстояние между зёрнами)	Стойкость, режущая способность, стабильность формы, подвод СОЖ, отвод стружки, тепловое воздействие
Пористость (размер пор в связке)	

Таблица 11.1 Факторы, влияющие на характеристики шлифовального круга

2.1 Абразивный материал / абразивное зерно

2.1.1 Виды абразивных материалов

Классификация абразивных материалов осуществляется по стандарту DIN. Корунд и карбид кремния классифицируются по стандарту DIN ISO 525, алмаз и кубический нитрид бора по стандарту DIN ISO 6104-2005. В настоящее время применяются почти исключительно синтетические абразивные материалы, которые могут изготавливаться с определёнными воспроизводимыми свойствами. Среди высокопрочных соединений наиболее популярны **корунды**, **карбиды кремния (SiC)**, **кубический нитрид бора (CBN)** и **алмаз**. При этом принято общее разделение абразивных материалов на **обычные** (корунд, SiC) и **суперабразивные (CBN, алмаз)**.

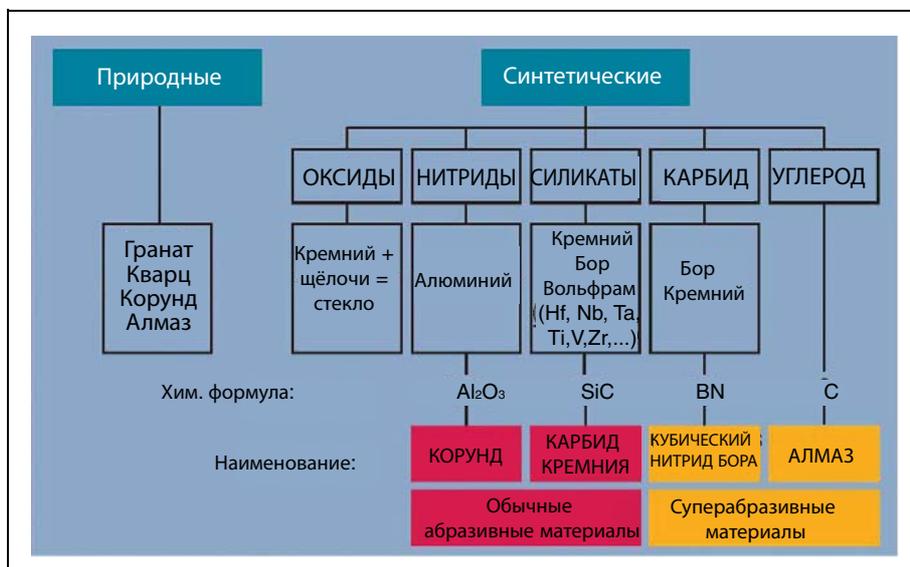


Рис. 11.7 Классификация абразивных материалов

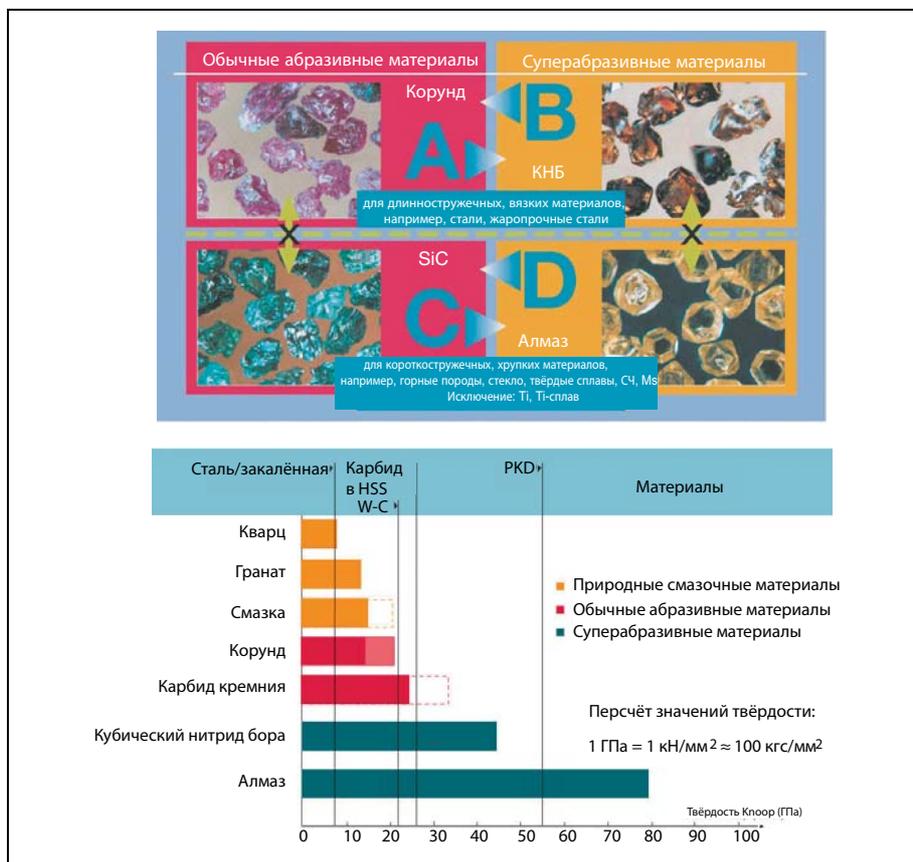


Рис. 11.8 Виды абразивных материалов

В зависимости от характера работ к различным абразивным материалам иногда предъявляются очень высокие требования с точки зрения их твёрдости (не следует путать с твёрдостью абразивного инструмента), вязкости и характера осколков. Ниже приводится сопоставление данных свойств и требований:

- Высокая твёрдость → высокая износостойкость
- Острые кромки при скалывании → «холодное» резание высокого качества
- Термостойкость → отсутствие износа под действием слишком высоких температур
- Химическая устойчивость → нечувствительность к внешним воздействиям
- Прочность на сжатие → сопротивление ударным нагрузкам
- Хрупкость → хорошие свойства с точки зрения образования осколков

Различные абразивные материалы соответствуют данным требованиям в разной степени. В помещенной ниже таблице представлены основные характеристики некоторых абразивных материалов.

Абразивный материал	Свойства	Области применения
Обычные абразивные материалы		
Нормальный корунд (Al_2O_3)	Твёрдый, вязкий, прочный на сжатие, из всех корундов наименее склонен к образованию осколков, осколки неопределённой формы (зёрнами)	Высокая производительность резания (для обдирочных работ), зачистка, удаление заусенцев с незакалённых и низколегированных сталей, стального литья и ковкого чугуна
Электрокорунд белый (Al_2O_3), чистота ок. 99,9 %	Твёрдый, хрупкий, острые осколки сложной формы	Для нелегированных, легированных и высоколегированных, мягких и закалённых (также нержавеющей) сталей, подходит для инструментальных и быстрорежущих сталей (HSS), а также для азотируемых сталей, стального литья, чугуна с шаровидным графитом и ковкого чугуна (в т. ч. для шлифования инструмента)
Электрокорунд розовый (Al_2O_3) содержит ок. 0,2 % оксида хрома	Очень твёрдый, хрупкий, с прочными крошками и вибростойкий, острые осколки	В целом по назначению соответствует белому электрокорунду, однако особенно хорошо подходит для высоколегированных сталей повышенной прочности, а также для материалов, плохо поддающихся резанию, напр., сплавов на никелевой основе
Электрокорунд рубиновый (Al_2O_3) содержит ок. 2 % оксида хрома	Очень твёрдый, с прочными крошками и вибростойкий, острые осколки	Для нержавеющей сталей (мягких или закалённых) повышенной прочности и/или пластичности
Спечённый корунд голубой (Al_2O_3)	Очень твёрдый, очень хорошо скалывается, не затупляется, при скалывании в зависимости от нагрузки образует острые осколки в виде кристаллической крошки разных размеров	Для низко- и высоколегированных сталей, малоуглеродистых и закалённых сталей (до 64 HRC), а также для цементируемых, инструментальных и быстрорежущих сталей (HSS), кроме того применяется для обработки материалов, плохо поддающихся резанию
Карбид кремния тёмный (SiC)	Очень твёрдый, вязкий, осколки неопределённой формы, прочный на сжатие, высокопроизводительный	Для материалов с низкой прочностью на растяжение, закалённое литьё из серого чугуна, ковкий чугун до отжига, латунь, бронза, алюминий, органические, минеральные и частично керамические материалы
Карбид кремния зелёный (SiC)	Менее вязкий, очень хорошие свойства с точки зрения образования осколков, высокопроизводительный	Для аустенитных сталей, коррозионностойких, кислотостойких и жаропрочных сталей, закалённых сталей до 64 HRC, закалённых азотируемых сталей, твёрдых сплавов, серого чугуна, керамических материалов, цветных металлов, алюминия и пластмасс
Суперабразивные материалы		
Кубический нитрид бора (CBN)	Очень твёрдый, очень стойкий, высокопроизводительный	Для материалов, плохо поддающихся резанию, от 54 HRC (высокая прочность, пластичность и/или твёрдость), быстрорежущих сталей (HSS)
Алмаз	Исключительно твёрдый, прочный на сжатие, хорошо скалывается, теплочувствительный	Для материалов повышенной твёрдости с низкой пластичностью (твёрдые сплавы, стекло, керамика и т. д.), не подходит для углеродистых материалов

Таблица 11.2 Свойства и области применения некоторых абразивных материалов

Поскольку к абразивному зерну предъявляются высокие требования как в отношении твёрдости, так и в отношении теплостойкости, при его выборе всегда следует принимать оптимальное решение.

2.1.2 Зернистость абразивного материала / размер зерна

Абразивные зерна характеризуются не только физическими свойствами, но и геометрическими особенностями, напр., размером и формой зерна. Размер зерна крупной фракции (зернистость до 220) выделяется путём просеивания (см. также рис. 11.9). Размер зерна мелкой фракции (мельче 220) выделяется путём оптической седиментации из суспензии.

Побочный эффект ситового просеивания состоит в том, что абразивные зерна присутствуют в фракциях с типичными распределениями свойств, которые зависят также от формы зерна. Для просеивания используются стандартные сита из проволоочной сетки. Поскольку вследствие неоднородности формы зерна после просеивания имеет место статистическое распределение диаметров зерна, была предпринята классификация допусков. Размер зерна, как правило, указывается по стандарту FEPA (Европейская ассоциация производителей абразивных материалов) или непосредственно в американских мешах. Классификация производится следующим образом:

- Обычные абразивные материалы (корунд, карбид кремния) – по **шкале просеивания**
Класс крупности соответствует числу ячеек на дюйм ситовой ткани при определённом диаметре проволоки (меш = число ячеек сита на дюйм). Таким образом, класс зернистости 30 выделяется из смеси фракций при помощи сита с 30 ячейками на дюйм, т. е. при шаге сита 0,85 мм. Зерно относится к мелкой фракции при большом числе ячеек и, следовательно, при большой числовой характеристике.
- Суперабразивные материалы (алмаз, кубический нитрид бора) – по **микрометрической шкале**
Средний размер зерна указывается непосредственно в микрометрах соответственно размеру ячейки сита в свету. Числовая характеристика соотносится непосредственно с диаметром зерна. Степень размельчения зёрен снижается по мере увеличения размера зерна.

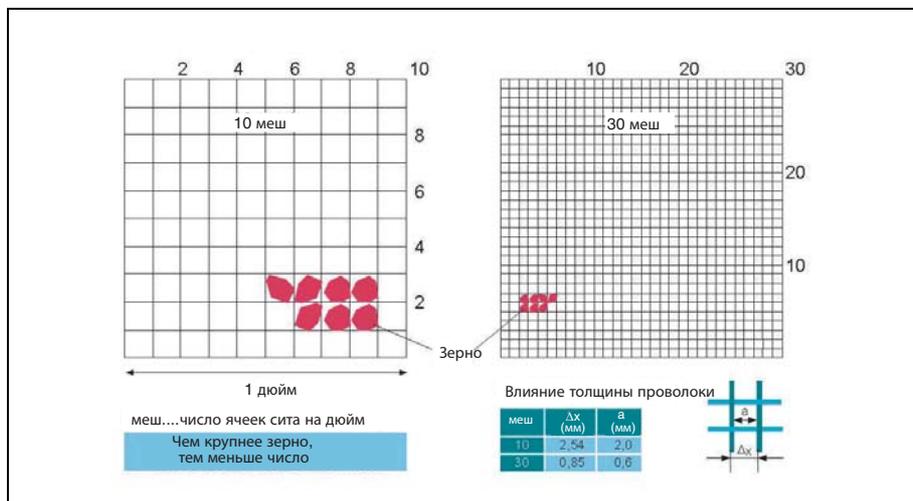


Рис. 11.9 Выделение размера зерна путём просеивания

Чистота обработки поверхности, точность геометрической формы и производительность резания являются основными критериями, по которым выбирается и определяется размер зерна.

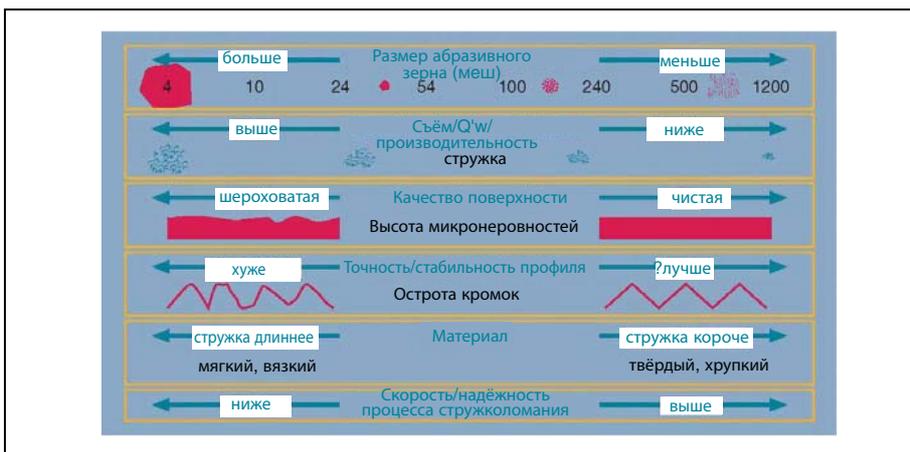


Рис. 11.10 Критерии выбора размера зерна

2.2 Связки

Назначение связки состоит в том, чтобы удерживать **абразивное зерно** в шлифовальном инструменте на правильном расстоянии до тех пор, **пока оно не затупится в процессе шлифования**. Затем зерно должно либо дать трещину и, тем самым, образовать новые режущие кромки, либо выкрошиться и освободить новые, острые кромки (**самозатачивание**).

Связки должны иметь такой состав, чтобы СОЖ не оказывали на них отрицательного влияния. Кроме того, конкретный вид связки должен без потерь выдерживать температуры в зоне контакта, имеющие место в процессе шлифования, т. е. не должен изменяться.

Связка оказывает соответствующее влияние на количество снимаемого материала, стойкость, точность геометрической формы, стабильность формы, режим правки и безопасность обработки. При этом важное значение имеют:

- внутренняя структура связки (определяет жёсткость, прочность, демпфирующие свойства)
- формирование пограничного слоя связки (прочность соединения)
- технологические свойства связки (реакция с зерном, текучесть, обжиг)

2.2.1 Виды связок

Существуют следующие основные виды связок:

- Органические: синтетическая смола, резина, клей
- Неорганические: керамические, металлические, минеральные



Рис. 11.11 Классификация связок

Чаще всего используются керамические, бакелитовые (на основе синтетических смол) и металлические связки, причем отдельные связки имеют буквенные обозначения.

Вид связки / обозначение		Преимущества	Недостатки	Назначение
Керамическая связка	V	Высокая стабильность формы, хорошо поддается правке, возможность получения высокопористых структур, холодное шлифование	Пористость и поэтому высокая чувствительность к ударным нагрузкам, низкая теплопроводность	Чаще всего используется для прециз. шлифовального инструмента из корунда и SiC
Бакелитовая связка (фенольная связка)	B	Высокая вязкость и ударная прочность, хорошее демпфирование, высокое качество поверхности деталей, возможность включения добавок с активными шлифующими свойствами	Низкая стабильность формы	При сильных механических нагрузках и высоких требованиях к чистоте поверхности. Чаще всего используется для алмазного шлифовального инструмента и CBN
Металлическая связка (металло-керамическая, гальваническая связка)	M G	Высокая износостойкость. Для самых высоких скоростей обработки. Высокая стабильность формы	Трудно восстанавливается форма, высокая температура шлифования, слабое демпфирование	Правящий инструмент. Прециз. алмазный и CBN шлифовальный инструмент для хрупких материалов

Таблица 11.3 Связки шлифовальных кругов

2.2.2 Твёрдость шлифовальных кругов

Понятие твёрдости шлифовального круга относится не к абразивному зерну, а к реакции соответствующей связки на внешние нагрузки. Таким образом, **твёрдость шлифовального круга** означает стойкость к отделению зёрен абразивного материала от шлифовального круга, которая зависит от адгезии связки к зерну и от прочности перемычек из связки. Поэтому твёрдость определяется непосредственно структурой шлифовального круга, т. е. объёмным соотношением зерна, связки и объёма пор, а также их распределением. Она выбирается с учётом технологии обработки и подлежит спецификации по ISO. При этом буквенные обозначения от А до Z характеризуют степень твёрдости.

Обозначение	Степень твёрдости
A B C	исключительно мягкий
D E F G	очень мягкий
H J K	мягкий
L M N O	средней твёрдости
P Q R S	твёрдый
T U V W	очень твёрдый
X Y Z	исключительно твёрдый

Таблица 11.3

Классификация степеней твёрдости



Рис. 11.12 Твёрдость шлифовального круга

Степень твёрдости связки	Тепловое воздействие	Шероховатость	Давление сжатия	Производительность съёма	Стойкость
мягкая	ниже	выше	ниже	выше	ниже
твёрдая	выше	ниже	выше	ниже	выше

Таблица 11.4 Действие различных степеней твёрдости связки

Рассмотренная выше твёрдость называется также статической твёрдостью. Под действием сил, возникающих при шлифовании, происходит выкрашивание зёрен из связки. Чем больше эти силы, тем легче выкрашиваются зерна, в результате чего действие шлифовального круга становится более мягким. **Эффективная твёрдость**, напротив, означает твёрдость шлифовального круга в процессе собственно шлифования. Она увеличивается в результате повышения скорости резания, увеличения диаметра круга или в результате снижения скорости детали, рабочего врезания или износа.

2.3 Пористость / структура

Взаимодействием компонентов (абразивное зерно, связка и поры) определяется структура шлифовального круга.

Структура зависит от рецептуры и условий производства. Наиболее значительные изменения структуры возможны в результате изменения давления прессования, более интенсивного уплотнения или использования дополнительных порообразователей. В первую очередь для производительного глубокого и сплошного резания шлифованием требуются пористые шлифовальные круги, способные захватывать производимую стружку в канавки и подводить СОЖ непосредственно в зону контакта. Каждый шлифовальный круг обладает естественной пористостью (структурные показатели 1–9). Пористость, повышенная искусственным путём, выражается структурными показателями 11–19. Процентная доля пор показывает, насколько плотной является структура. Высокий структурный показатель обозначает открытую, пористую структуру с большой долей пор.

Поры шлифовального круга влияют:

- На твёрдость связки
По мере увеличения доли связки снижается объёмная доля пор в шлифовальном круге. Таким образом, при постоянном объёме зерна увеличивается твёрдость связки.
- На размер стружечных канавок
В процессе шлифования поры служат пространством для образовавшейся стружки.
- На подвод СОЖ
Через поры осуществляется подвод СОЖ в зону контакта.

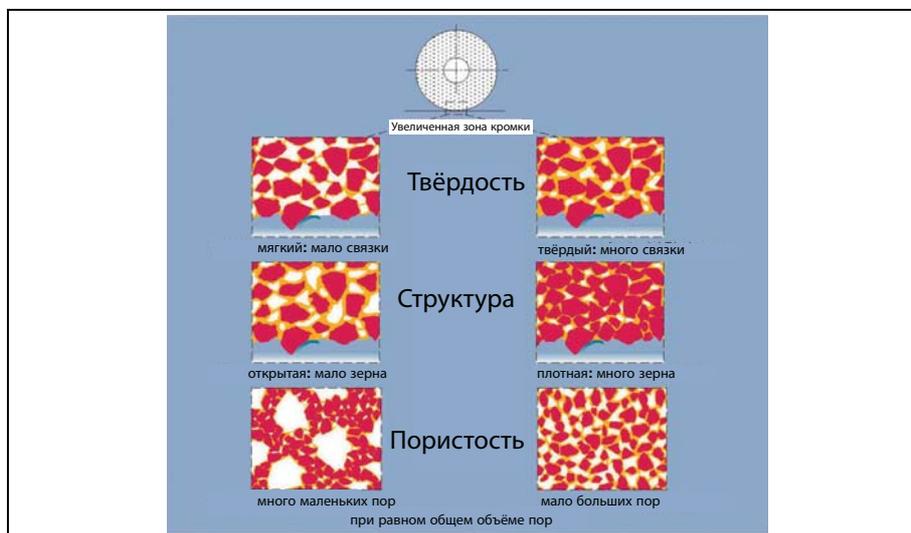


Рис. 11.13 Структура шлифовального круга

3 Форма и спецификация шлифовальных кругов

3.1 Форма и обозначение обычных шлифовальных кругов

В основном классификация шлифовального инструмента производится по его основной форме (стандартизация по DIN 69111 – обозначение цифрами), типу (профиль шлифовального круга – буквенное обозначение), а также по типу крепления шлифовального круга (напр., цилиндрическое отверстие, фланец, шлифовальные сегменты, которые крепятся к опорному диску зажимами или приклеиваются). Ниже приводятся примеры формы шлифовальных кругов обычного шлифовального инструмента (корунд и карбид кремния).

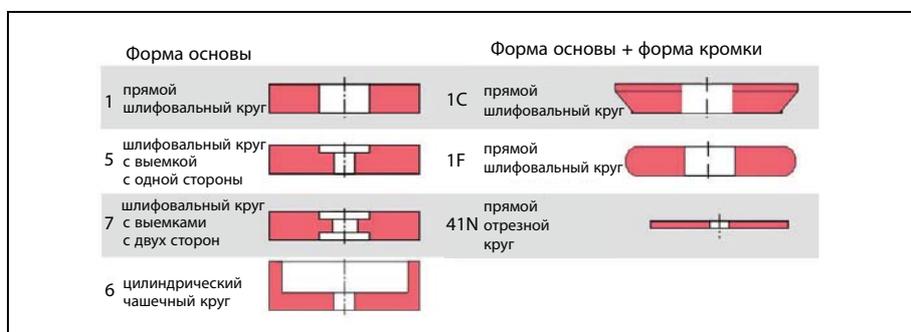


Рис. 11.14 Основные формы обычных шлифовальных кругов

Обозначение шлифовальных кругов из связанного зерна осуществляется по стандарту DIN 69100. Ниже приводится пример обозначения обычного шлифовального круга.

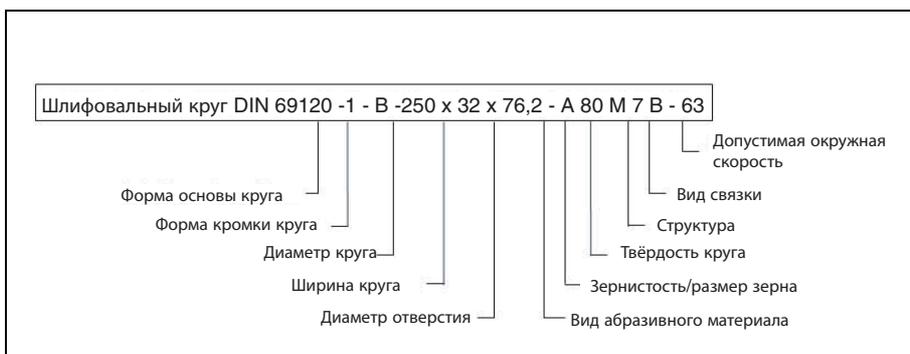


Рис. 11.15 Обозначение обычных шлифовальных кругов (пример)

3.2 Основа и абразивные накладки алмазного инструмента и инструмента из кубического нитрида бора

Для алмазных шлифовальных кругов и кругов из кубического нитрида бора действительны обозначения и формы обычных шлифовальных кругов, однако для шлифовальных кругов с суперабразивными материалами указываются также форма и расположение абразивных накладок. На рис. 11.16 на примере показаны основные формы.

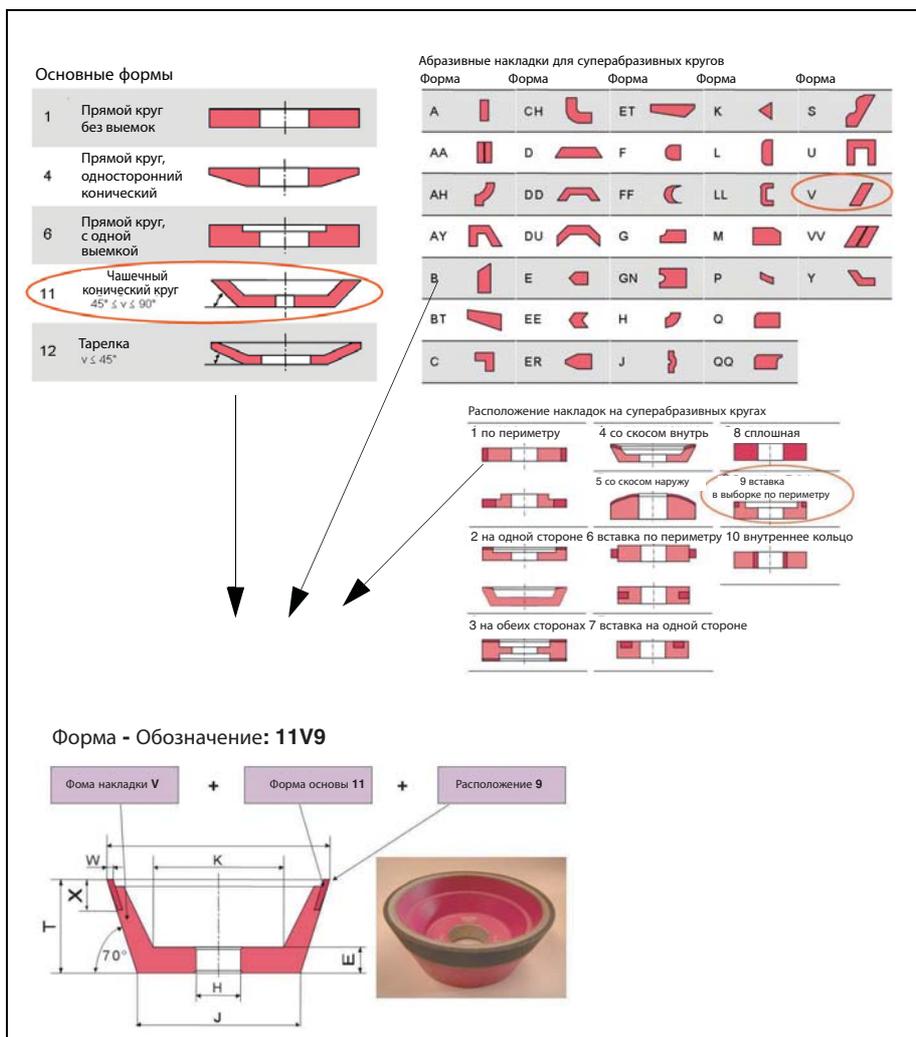


Рис. 11.16 Конструкция алмазных шлифовальных кругов и кругов из CBN (пример)

4 Переменные и характеристические величины при шлифовании

4.1 Переменные величины

Ниже приводятся переменные величины, т. е. параметры, регулируемые на станке.

- **Скорость резания v_c**

Скорость резания шлифовального круга равна скорости точки (режущая кромка зерна) рабочей поверхности шлифования (контактная поверхность инструмент – деталь). При периферийном шлифовании **плоскими кругами прямого профиля** (напр., форма 1 или 6, см. *рис. 11.14*), которое применяется при плоском, наружном и внутреннем круглом шлифовании, а также абразивном отрезании, **окружная скорость шлифовального круга** (рабочая скорость) **соответствует скорости резания**.

$$v_c = \frac{d_s \cdot \pi \cdot n_s}{1000 \cdot 60}$$

v_c Скорость резания [м/с]
 d_s Диаметр шлифовального круга [мм] (уравн. 11.1)
 n_s Частота вращения шлифовального круга [об/мин]
 (частота вращения шлифовального шпинделя)

Скорость резания является важнейшей переменной величиной, влияющей на динамические рабочие характеристики круга. Динамическая **эффективная твёрдость** круга увеличивается **при повышении скорости резания** и **уменьшается при снижении скорости резания**.

Влияние скорости резания:

	v_c повышается	v_c снижается
Высота микронеровностей профиля детали	меньше	больше
Сила резания при шлифовании	ниже	выше
Износ круга	меньше	больше
Стабильность профиля	выше	ниже
Выделение тепла	больше	меньше

Таблица 11.5 Влияние скорости резания при шлифовании

- **Скорость детали v_w**

Круглое шлифование:

$$v_w = \frac{d_w \cdot \pi \cdot n_w}{1000}$$

v_w Скорость детали [м/мин]
 d_w Диаметр детали [мм] (уравн. 11.2)
 n_w Частота вращения детали [об/мин]

Плоское (торцовое) шлифование:

$$v_w = \frac{v_T}{1000}$$

v_w Скорость детали [м/мин] (уравн. 11.3)
 v_T Скорость подачи стола [мм/мин]

Влияние скорости детали:

	v_w повышается	v_w снижается
Высота микронеровностей профиля детали	больше	меньше
Сила резания при шлифовании	выше	ниже
Износ круга	больше	меньше
Стабильность профиля	ниже	выше
Выделение тепла	меньше	больше

Таблица 11.6 Влияние скорости детали при шлифовании

• **Подача f и скорость подачи v_f**

Круглое шлифование – врезное шлифование:

Скорость радиальной подачи v_{fr} :

$$v_{fr} = f_r \cdot n_w$$

- v_{fr} Скорость радиальной подачи [мм/мин]
- f_r Радиальная подача на оборот детали [мм/об]
- n_w Частота вращения детали [об/мин] (уравн. 11.4)

Круглое шлифование – продольное шлифование / плоское (торцовое) шлифование:

Скорость осевой подачи v_{fa} :

$$v_{fa} = f_a \cdot n_w$$

- v_{fa} Скорость осевой подачи [мм/мин]
- f_a Осевая подача на оборот детали [мм/об]
- n_w Частота вращения детали [об/мин] (уравн. 11.5)

• **Рабочее врезание (подача) a_e**

Влияние рабочего врезания (подачи):

	a_e повышается	a_e снижается
Высота микронеровностей профиля детали	больше	меньше
Сила резания при шлифовании	выше	ниже
Износ круга	больше	меньше
Стабильность профиля	ниже	выше
Выделение тепла	больше	меньше

Таблица 11.7 Влияние подачи при шлифовании

4.2 Характеристические величины при шлифовании

Характеристические величины служат для характеристики и анализа процессов шлифования. Для сравнения множества различных способов шлифования, снижения факторов влияния и обобщения результатов вводятся характеристические величины шлифования.

• **Соотношение скоростей q_s**

$$q_s = \frac{v_c \cdot 60}{v_w}$$

- q_s Соотношение скоростей (уравн. 11.6)
- v_c Скорость резания [м/с]
- v_w Скорость детали [м/мин]

Соотношение скоростей обычно составляет от 60 до 120. Диапазона между 120 и 1000 надлежит, по возможности, избегать вследствие опасности повреждения краевых зон детали в результате теплового воздействия.

В качестве ориентировочных значений могут быть приняты:

- Черновое шлифование: q_s = от 60 до 80
- Чистовое шлифование: q_s = от 80 до 120
- Сплошное резание шлифованием: $q_s > 1000$

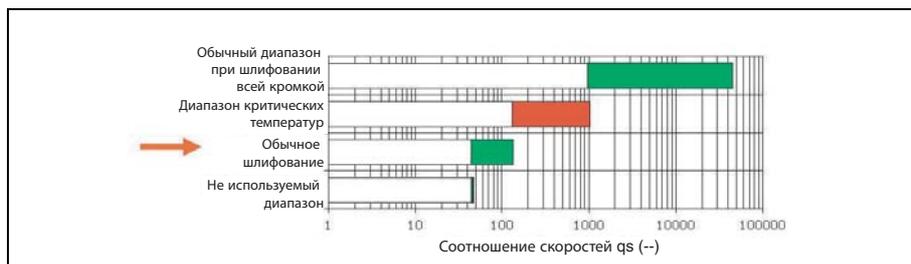


Рис. 11.17 Ориентировочные значения для соотношения скоростей

- **Количество материала, снимаемого при резании, V_w и относительное количество материала, снимаемого при резании, V_w'**

Количество материала, снимаемого при резании, описывает объем снятого материала детали при обработке шлифованием.

Наружное круглое шлифование:

$$V_w = (d_{w1}^2 - d_{w2}^2) \frac{\pi}{4} \cdot l_w$$

V_w Количество материала, снимаемого при резании [мм³] (уравн. 11.7)
 d_{w1} Начальный Диаметр детали [мм]
 d_{w2} Конечный Диаметр детали [мм]
 l_w Длина обработанного участка детали [мм]

Для небольшого припуска может быть принята упрощенная формула:

$$V_w = (d_w - z_w) \cdot \pi \cdot z_w \cdot l_w$$

V_w Количество материала, снимаемого при резании [мм³] (уравн. 11.8)
 d_w Диаметр детали [мм]
 z_w Припуск на шлифование [мм]
 l_w Длина обработанного участка детали [мм]

Плоское продольное шлифование:

$$V_w = b_w \cdot z_w \cdot l_w$$

V_w Количество материала, снимаемого при резании [мм³] (уравн. 11.9)
 b_w Ширина детали [мм]
 z_w Припуск на шлифование [мм]
 l_w Длина обработанного участка детали [мм]

Плоское поперечное шлифование:

$$V_w = b_s \cdot z_w \cdot l_w$$

V_w Количество материала, снимаемого при резании [мм³] (уравн. 11.10)
 b_s Ширина шлифовального круга [мм]
 z_w Припуск на шлифование [мм]
 l_w Длина обработанного участка детали [мм]

Относительное количество материала, снимаемого при резании, V_w'

Для получения независимой от технологии характеристической величины количество материала, снимаемого при резании, часто приводится также к 1 мм ширины резания шлифовального круга b_k .

$$V_w' = \frac{V_w}{b_k}$$

V_w' Относительное количество материала, снимаемого при резании [мм³/мм] (уравн. 11.11)
 V_w Количество материала, снимаемого при резании [мм³]
 b_k Контактная ширина шлифовального круга [мм]

• **Объёмная производительность резания Q_w и относительная объёмная производительность резания Q_w'**

Объёмная производительность резания показывает объём обработки детали за единицу времени и используется для сравнения производительности отдельных способов шлифования. Упрощённая формула:

$$Q_w = \frac{V_w}{t}$$

Q_w Объёмная производительность резания [мм³/с] (уравн. 11.12)
 V_w Количество материала, снимаемого при резании [мм³]
 t Единица времени [с]

$$Q_w = a_e \cdot a_p \cdot v_{ft}$$

Q_w Объёмная производительность резания [мм³/с] (уравн. 11.13)
 a_e Рабочее врезание (подача) [мм]
 a_p Ширина резания шлифовального круга [мм]
 v_{ft} Тангенциальная скорость подачи [мм/с]

Относительная объёмная производительность резания Q_w'

Если объёмная производительность резания приводится к контактной ширине шлифовального круга b_k , составляющей 1 мм, получается относительная объёмная производительность резания Q_w' . Данная величина является важнейшей характеристической величиной шлифования, поскольку она косвенно учитывает все важные для процесса факторы.

$$Q_w' = \frac{Q_w}{b_k}$$

Q_w' Относительная объёмная производительность резания [мм³/ммс]
 Q_w Объёмная производительность резания [мм³/с]
 b_k Контактная ширина шлифовального круга [мм] (уравн. 11.14)

• **Коэффициент шлифования G**

Расчёт коэффициента G может быть также произведен путём деления количества снятого материала детали на объём износа круга между двумя операциями восстановления режущей способности (правки). Это чисто относительный коэффициент, величина которого при обычных шлифовальных работах с использованием традиционных абразивных материалов может колебаться в пределах от 3 до 30. При использовании кубического нитрида бора могут быть получены значения от более 1200 прим. до 12 000 (в зависимости от вида работ и/или требований к производительности).

$$G = \frac{V_w}{V_s}$$

V_w Объём снятого материала [мм³] (см. уравн.11.7 – уравн. 11.10) (уравн. 11.15)
 V_s Объём износа круга [мм³]

В результате нагрузок в процессе шлифования происходит износ шлифовального круга (см. также *раздел 6* данной главы). Объем износа шлифовального круга V_s рассчитывается следующим образом:

$$V_s = V_{sr} + V_{sk} \quad \begin{array}{l} V_s \text{ Объем снятого материала [мм}^3\text{]} \\ V_{sr} \text{ Объем радиального износа [мм}^3\text{]} \\ V_{sk} \text{ Объем износа кромок [мм}^3\text{]} \end{array} \quad (\text{уравн. 11.16})$$

При этом согласно *рис. 11.18*:

$$\begin{array}{l} V_{sr} = \pi \cdot d_s \cdot A_{sr} \\ V_{sk} = \pi \cdot d_s \cdot A_{sk} \end{array} \quad \begin{array}{l} d_s \text{ Диаметр шлифовального круга [мм]} \\ A_{sr} \text{ Площадь радиального износа [мм}^2\text{]} \\ A_{sk} \text{ Площадь износа кромок [мм}^2\text{]} \end{array} \quad (\text{уравн. 11.17})$$

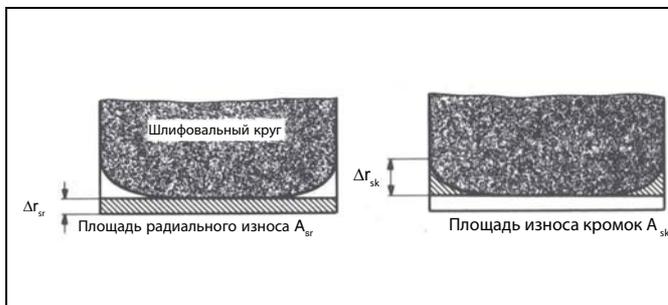


Рис. 11.18
Износ шлифовального круга

• **Эквивалентный диаметр шлифовального круга D_{se} и геометрическая контактная длина l_g**

Для соотнесения условий врезания при шлифовании различными способами с очень хорошо изученным торцовым шлифованием из диаметра детали d_w и диаметра шлифовального круга d_s выводится эквивалентный диаметр шлифовального круга D_{se} .

$$D_{se} = \frac{d_w \cdot d_s}{d_w \pm d_s} \quad \begin{array}{l} D_{se} \text{ Эквивалентный диаметр шлифовального круга [мм]} \\ + \text{ Для наружного круглого шлифования} \\ - \text{ Для внутреннего круглого шлифования} \\ d_w \text{ Диаметр детали [мм]} \\ d_s \text{ Диаметр шлифовального круга [мм]} \end{array} \quad (\text{уравн. 11.18})$$

По определению для плоского шлифования при ровной поверхности детали и, следовательно, $d_w = \infty$ действительно следующее:

$$D_{se} = d_s \quad (\text{уравн. 11.19})$$

Траектория режущей кромки при плоском или круглом шлифовании периферией круга соответствует контактной длине l_g (длина кривой врезания). Геометрическая контактная длина при идеально гладкой поверхности детали ($R_2=0$ мкм) определяется по следующей формуле:

$$l_g = \sqrt{a_e \cdot D_{se}} \quad \begin{array}{l} l_g \text{ Геометрическая контактная длина [мм]} \\ D_{se} \text{ Эквивалентный диаметр шлифовального круга [мм]} \\ a_e \text{ Рабочее врезание (подача) [мм]} \end{array} \quad (\text{уравн. 11.20})$$

Если учесть, что поверхность детали не является идеально гладкой, деталь и шлифовальный круг в процессе снятия стружки испытывают упругую деформацию и в результате этого изменяется контактная длина, действительно следующее уравнение:

$$l_g = \sqrt{(R_z + a_e) \cdot D_{se}}$$

l_g Геометрическая контактная длина [мм] (уравн. 11.21)

D_{se} Эквивалентный диаметр шлифовального круга [мм]

a_e Рабочее врезание (подача) [мм]

R_z Усреднённая высота микронеровностей [мм]

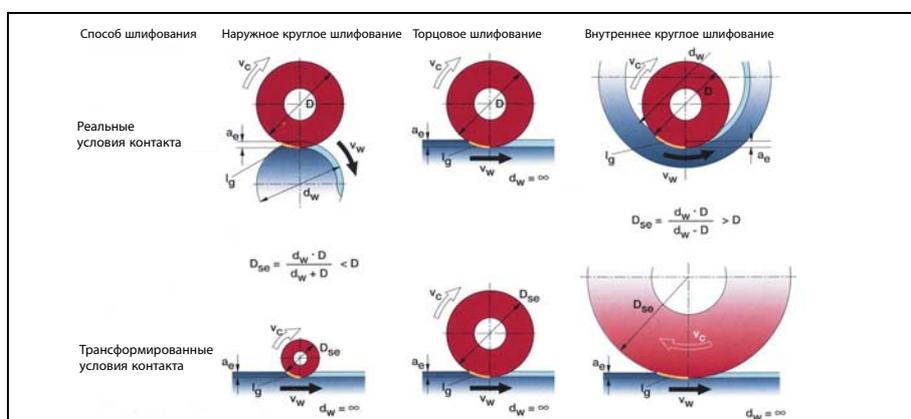


Рис. 11.19 Условия контакта при различных способах шлифования и преобразование реальных условий контакта при помощи эквивалентного диаметра шлифовального круга

5 Силы и потребляемая мощность при шлифовании

При резании геометрически неопределённой режущей кромкой при расчёте касательной составляющей силы резания возникает проблема, которая состоит в том, что, во-первых, геометрия режущей кромки (особенно углы) не определена и, во-вторых, число находящихся в зацеплении режущих кромок (зерен) может быть оценено **только приблизительно**. Кроме того, подлежащее срезанию поперечное сечение или толщина срезаемого слоя очень малы. Однако при этом значение удельной силы резания k_c также находится за пределами линейных закономерностей (см. главу «Теоретические основы», раздел 1.4).

Следовательно, необходимо найти отношение для расчётов при шлифовании, чтобы определить соответствующий поправочный коэффициент для геометрически неопределённых режущих кромок (с преимущественно большими отрицательными передними углами к абразивному зерну) и, аналогично фрезерованию, эффективное число зубьев. Благодаря этому принятое отношение сил резания по KIENZLE можно будет применить также к шлифованию, в том числе зависящие от свойств обрабатываемого материала основные показатели удельной силы резания $k_{c1.1}$ и показатели степени касательной m (см. главу «Материалы», раздел 1).

Средняя толщина срезаемого слоя h_m рассчитывается следующим образом

- Для **круглого шлифования** (изогнутые поверхности детали)

$$h_m = \frac{\lambda_{ке}}{q_s} \cdot \sqrt{a_e \cdot \left(\frac{1}{d_s} \pm \frac{1}{d_w} \right)}$$

h_m Средняя толщина срезаемого слоя [мм]
 + Для наружного шлифования
 - Для внутреннего шлифования
 a_e Рабочее врезание [мм]
 d_s Диаметр шлифовального круга [мм] (уравн. 11.22)
 d_w Диаметр детали [мм]
 q_s Соотношение скоростей (см. уравн. 11.6)
 $\lambda_{ке}$ Эффективное расстояние между зёрнами [мм] (см. таблицу 11.8)

- Для **плоского шлифования** (ровные поверхности детали)

$$h_m = f_z \cdot \sqrt{\frac{a_e}{d_s}} = \frac{\lambda_{ке}}{q_s} \cdot \sqrt{\frac{a_e}{d_s}}$$

h_m Средняя толщина срезаемого слоя [мм] (уравн. 11.23)
 f_z Подача на зуб [мм]
 a_e Рабочее врезание [мм]
 d_s Диаметр шлифовального круга [мм]
 q_s Соотношение скоростей (см. уравн. 11.6)
 $\lambda_{ке}$ Эффективное расстояние между зёрнами [мм] (см. таблицу 11.8)

При этом подачу на режущую кромку f_z можно определить по эффективному расстоянию между зёрнами $\lambda_{ке}$ (расстояние между 2 задействованными абразивными зёрнами) и по соотношению скоростей q_s . **Эффективное расстояние между зёрнами** $\lambda_{ке}$ в зависимости от рабочего врезания a_e при круглом и плоском шлифовании определяется для различной зернистости по следующей таблице.

Зернистость \ a_e [мм]	Получистовая обработка				Черновая обработка		
	0,003	0,004	0,005	0,006	0,01	0,02	0,03
60	39	38	37	36	33	23	15
80	47	46	45	44	40	31	24
100	54	53	52	51	48	38	30
120	60	59	58	57	53	44	37
150	64	63	62	61	56	48	40

Таблица 11.8 Эффективное расстояние между зёрнами $\lambda_{ке}$ при круглом и плоском шлифовании

Таким образом, при помощи уравн. 11.24 можно рассчитать среднюю удельную силу резания k_{cm} .

$$k_{cm} = \frac{k_{c1.1}}{h_m} \cdot K_{Sch}$$

k_{cm} Средняя удельная сила резания [Н/мм²] (уравн. 11.24)
 $k_{c1.1}$ Основной показатель удельн. силы резания [Н/мм²] (см. главу «Материалы»)
 h_m Средняя толщина срезаемого слоя [мм]
 m Увеличение удельной силы резания (в зависимости от обрабатываемого материала – см. главу «Материалы»)
 K_{Sch} Поправочный коэффициент на размер зерна (см. таблицу 11.9)

Зернистость \ h_m [мм]	0,001	0,002	0,003	0,004
40	5,0	4,3	4,0	3,6
60	4,5	3,9	3,5	3,2
80	4,0	3,6	3,2	3,0
120	3,4	3,0	2,8	2,5
180	3,0	2,6	2,4	2,2
280	2,5	2,2	2,0	1,9

Таблица 11.9 Поправочный коэффициент K_{Sch} в зависимости от зернистости и средней толщины срезаемого слоя h_m

Средняя главная составляющая силы резания на режущую кромку F_{cmz} рассчитывается следующим образом:

$$F_{cmz} = b \cdot h_m \cdot k_{cm}$$

F_{cmz} Средняя главная составляющая силы резания на режущую кромку [Н] (уравн. 11.25)
 b Ширина срезаемого слоя = эффективная ширина шлифования a_p [мм]
 h_m Средняя толщина срезаемого слоя [мм]
 k_{cm} Средняя удельная сила резания [Н/мм²]

Угол зацепления рассчитывается следующим образом:

• **Круглое шлифование**

$$\Delta\varphi \approx 2 \cdot \sqrt{\frac{a_e}{D_{se}}}$$

$\Delta\varphi$ Угол зацепления [°] (уравн. 11.26)
 a_e Рабочее врезание [мм]
 D_{se} Эквивалентный диаметр шлифовального круга [мм] (см. уравн. 11.18)

• **Плоское или торцовое шлифование**

(геометрическое и кинематическое сходство с периферийным фрезерованием, см. главу «Фрезерование»)

$$\Delta\varphi \approx 2 \cdot \sqrt{\frac{a_e}{d_s}}$$

$\Delta\varphi$ Угол зацепления [°] (уравн. 11.27)
 a_e Рабочее врезание [мм]
 d_s Диаметр шлифовального круга [мм]

Для определения равнодействующей силы резания необходимо произвести расчёт числа находящихся в зацеплении режущих кромок z_{IE} , которое можно определить приблизительно.

$$z_{IE} = \frac{d_s \cdot \pi \cdot \Delta\varphi}{\lambda_{ке} \cdot 360^\circ}$$

z_{IE} Число режущих кромок в зацеплении
 d_s Диаметр шлифовального круга [мм] (уравн. 11.28)
 $\Delta\varphi$ Угол зацепления [°]
 $\lambda_{ке}$ Эффективное расстояние между зёрнами [мм] (см. таблицу 11.8)

Таким образом, среднюю равнодействующую силу резания F_{cm} можно определить по следующей формуле:

$$F_{cm} = F_{cmz} \cdot z_{IE}$$

F_{cm} Средняя равнодействующая сила резания [Н] (уравн. 11.29)
 F_{cmz} Средняя главная составляющая силы резания на режущую кромку [Н]
 z_{IE} Число режущих кромок в зацеплении

Составляющими силы резания при шлифовании являются касательная сила F_t (соответствует силе резания F_{cm}), нормальная сила F_n и сила подачи F_f . Касательная

сила F_t действует относительно детали по касательной к поверхности круга в направлении главного движения резания и определяет необходимую в процессе шлифования производительность шлифования. Нормальная сила F_n действует перпендикулярно обрабатываемой поверхности и определяет деформацию станка, детали и инструмента. Сила подачи F_f (или активная сила F_a) действует в направлении подачи и является относительно небольшой. Зависимость между нормальной и касательной силами описывается **через соотношение сил (коэффициент шлифования) μ_c** . Соотношение зависит от условий контакта шлифовального круга и обрабатываемого материала, а также от режима смазки и охлаждения. В общем действительно соотношение сил между $\mu_c = 2 \dots 3$.

$$\mu_c = \frac{F_n}{F_t}$$

μ_c Соотношение сил (уравн. 11.30)
 F_n Нормальная сила [Н]
 F_t Касательная сила [Н]

Расходуемая мощность на резание P_c прямо пропорциональна силе резания F_{cm} или касательной силе F_t .

$$P_c = \frac{F_{cm} \cdot v_c}{1000} = \frac{F_t \cdot v_c}{1000}$$

P_c Мощность резания [кВт] (уравн. 11.31)
 F_{cm} Средняя сила резания [Н]
 v_c Скорость резания [м/с]

С учётом КПД **мощность привода P_a** определяется следующим образом:

$$P_a = \frac{P_c}{\eta}$$

P_a Мощность привода [кВт] (уравн. 11.32)
 P_c Расходуемая мощность на резание [кВт]
 η КПД

6 Определение основного машинного времени при шлифовании

6.1 Наружное и внутреннее круглое шлифование

6.1.1 Продольное шлифование

В данном случае имеют место такие же условия, как при токарной обработке (см. главу «Токарная обработка»). В общем действительно следующее:

$$t_h = \frac{L \cdot i}{f \cdot n_w}$$

t_h Основное машинное время [мин] (уравн. 11.33)
 i Число проходов
 f Подача на оборот детали [мм/об]
 n_w Частота вращения детали [об/мин]

Для перемещения при обработке L действительно следующее:

$$L = l - \frac{1}{3} \cdot B$$

L Перемещение шлифовального круга в продольном направлении [мм]
 l Длина детали [мм] (уравн. 11.34)
 B Ширина шлифовального круга [мм]

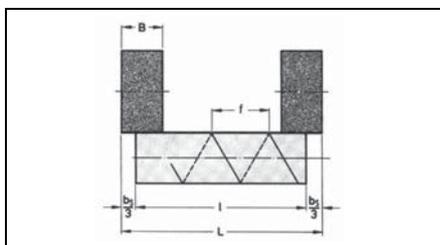


Рис. 11.20 Наружное круглое шлифование с продольной подачей

Число проходов получаем из разницы диаметров детали до и после шлифования.

$$i = \frac{\Delta d_w}{2 \cdot a_e} + 8$$

- i Число проходов (уравн. 11.35)
 Δd_w Разница диаметров детали [мм]
 a_e Подача на проход [мм]
 8 Число двойных ходов для выхаживания

Для Δd_w действительно абсолютное значение, без учёта знака, который при внутреннем шлифовании является отрицательным.

$$\Delta d_w = |d_{wv} - d_{wn}|$$

- Δd_w Разница диаметров детали [мм] (уравн. 11.36)
 d_{wv} Диаметр детали перед шлифованием [мм]
 d_{wn} Диаметр детали после шлифования [мм]

6.1.2 Врезное шлифование

$$t_h = \frac{L}{v_f} = \frac{\Delta d_w}{2 \cdot a_e \cdot n_w}$$

- t_h Основное машинное время [мин] (уравн. 11.37)
 Δd_w Разница диаметров детали [мм]
 a_e Подача на проход [мм]
 n_w Частота вращения детали [об/мин]
 v_f Скорость подачи [мм/мин]

6.2 Плоское или торцовое шлифование

6.2.1 Шлифование периферией круга

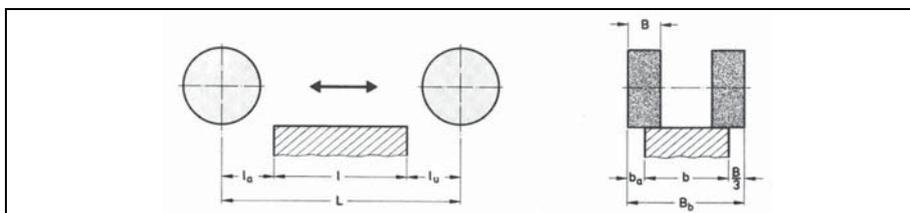


Рис. 11.21 Плоское шлифование – шлифование периферией круга

$$t_h = \frac{B_b \cdot i}{f \cdot n}$$

- t_h Основное машинное время [мин] (уравн. 11.38)
 B_b Перемещение шлифовального круга в поперечном направлении [мм]
 i Число проходов с выхаживанием
 f Подача на двойной ход [мм/ДН]
 n Число двойных ходов в минуту [ДН/мин]

Действительно:

$$B_b = \frac{2}{3} \cdot B + b$$

$$b_a = \frac{1}{3} \cdot B$$

$$n = \frac{v_w}{2 \cdot L}$$

$$i = \frac{z_h}{a_e} + 8$$

$$L = l_a + l + l_u$$

$$l_a = l_u \approx 0,4 \cdot l$$

B_b	Перемещение шлифовального круга в поперечном направлении [мм]	
B	Ширина шлифовального круга [мм]	(уравн. 11.39)
b	Ширина детали [мм]	
b_a	Перебег шлифовального круга [мм]	(уравн. 11.40)
n	Число двойных ходов в минуту [ДН/мин]	
v_w	Скорость детали [мм/мин]	(уравн. 11.41)
L	Перемещение шлифовального круга в продольном направлении [мм]	
i	Число проходов	(уравн. 11.42)
z_h	Припуск на обработку [мм]	
a_e	Подача на двойной ход (врезание) [мм]	
8	Число двойных ходов для выхаживания	
L	Перемещение шлифовального круга в продольном направлении [мм]	
l_a	Врезание [мм]	(уравн. 11.43)
l_u	Длина перебега [мм]	
l	Длина детали [мм]	

6.2.2 Шлифование торцом круга

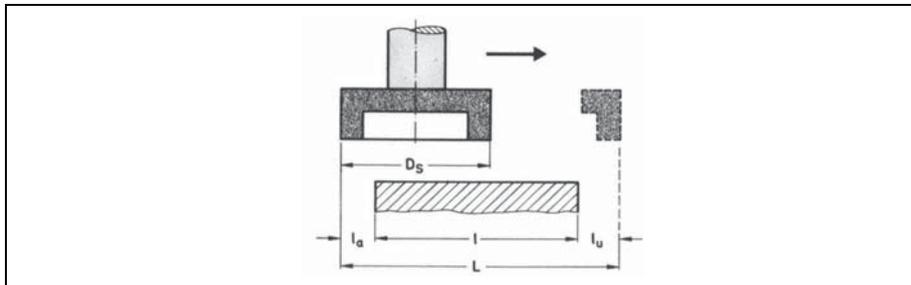


Рис. 11.22 Плоское шлифование – шлифование торцом круга

Так как при шлифовании торцом круга диаметр шлифовального круга D_s , как правило, равен ширине детали или немного больше нее, в данном случае нет перемещения в поперечном направлении. Таким образом, для основного машинного времени действительно следующее:

$$t_h = \frac{i}{n}$$

t_h	Основное машинное время [мин]	(уравн. 11.44)
i	Число проходов	
n	Число двойных ходов в минуту [ДН/мин]	

7 Износ шлифовальных кругов

В процессе износа шлифовального круга имеет место износ зерна и связки. Об износе круга говорят в том случае, когда потеря зерна происходит в макродиапазоне. При потере зерна в микродиапазоне говорят о самозатачивании. Износ зерна может быть следующих видов:

- **Сжатие – размягчение**

Данный феномен характерен для корунда, прочность которого уже при 1200 °С снижается в шесть раз по сравнению с его прочностью на сжатие при комнатной температуре. Вследствие сопротивления размягчению при нагреве под давлением появляются большие силы трения и скругленные режущие кромки, что приводит к дополнительному повышению температур образования стружки. Может возникнуть неустойчивое состояние, вызывающее повреждение шлифовального круга. Объёмный и радиальный износ являются незначительными.

- **Абразивный износ**

Вследствие трения между зерном и обрабатываемым материалом происходит механическое истирание. Зерно непрерывно изнашивается и образует нежелательные, скругленные режущие кромки. Объёмный и радиальный износ являются незначительными.

- **Дробление (образование сколов на зерне)**

В результате теплового воздействия и последующего резкого охлаждения, а также вследствие механических нагрузок при достаточной способности абразивного зерна к скалыванию части зёрен откалываются и образуют, тем самым, новые режущие кромки. Данный вид износа является благоприятным, даже если объёмный и радиальный износ больше по сравнению со сжатием – размягчением и абразивным износом. Однако при этом износ достаточно слабый, поэтому могут образовываться острые режущие кромки.

- **Выкрашивание зёрен**

Зерна целиком выкрашиваются из связки, так как удерживающие силы связки являются недостаточными (связка слишком мягкая). Происходит интенсивный объёмный и радиальный износ. Однако режущая способность шлифовального круга сохраняется.

Износ шлифовального круга в численном выражении описывается через **объёмный износ** V_S или **радиальный износ** Δr_S . Объёмный износ непосредственно определяет **коэффициент шлифования** G (см. *уравн. 11.15*) или коэффициент качества (grinding ratio).

Для шлифования точно по размеру и форме, как правило, более важным параметром является радиальный износ, т. е. локальный съём материала шлифовального круга после выполнения определённой операции или по истечении определённого времени использования. Средняя интенсивность радиального износа связана с коэффициентом шлифования G .

$$\frac{\Delta r_S}{\Delta t} = \frac{1}{G} \cdot \frac{a_e \cdot v_{ft}}{2\pi \cdot r_S}$$

$\Delta r_S/\Delta t$	Интенсивность радиального износа [м/мин] (уравн. 11.45)
G	Коэффициент шлифования
a_e	Рабочее врезание [мм]
v_{ft}	Тангенциальная скорость подачи [м/мин]
r_S	Радиус шлифовального круга [мм]

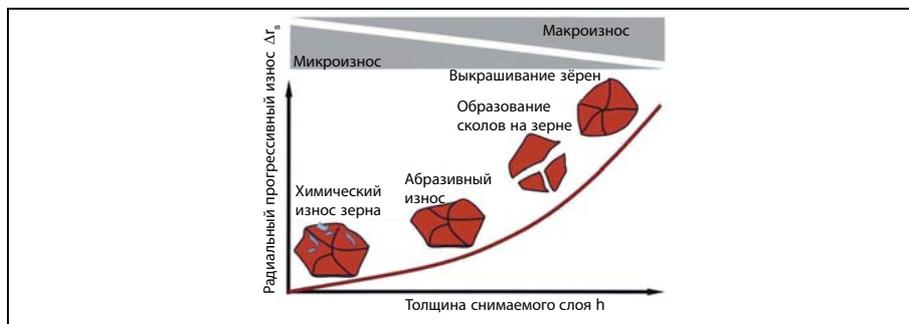


Рис. 11.23 Зависимость между толщиной срезаемого слоя и износом

8 Восстановление режущей способности шлифовального инструмента

8.1 Теоретические основы

Понятие «восстановление режущей способности» включает в себя различные процессы с целью подготовки шлифовального инструмента к работе (рис. 11.24).

В целом различают правку и чистку шлифовальных кругов. **Профилирование**, в результате которого устраняются отклонения геометрии и инструменту придается нужная форма, и **заточка**, восстанавливающая собственно необходимую режущую способность, обозначаются вместе как **правка**. **Чистка** шлифовального круга производится для удаления остатков стружки, зёрен и связки из пор круга.

В зависимости от спецификации шлифовального круга заточка и профилирование могут выполняться как **отдельные операции** (алмазные шлифовальные круги и круги из кубического нитрида бора). Сначала необходимо добиться нужного профиля. Абразивные зерна после профилирования не выступают над связкой, т. е. поры отсутствуют. Шлифовальный круг в таком состоянии не готов к работе. Необходимо восстановить режущую способность шлифовального круга (выступ зерна) посредством заточки, т. е. снятия связки при помощи бруска.

Качество поверхности при шлифовании зависит не только от выбранного размера абразивного зерна. Оно определяется также способом шлифования и правки.

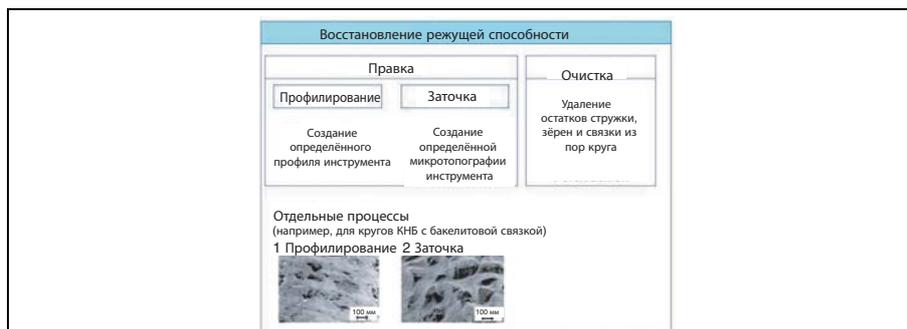


Рис. 11.24 Восстановление режущей способности шлифовальных кругов

Шлифовальные круги грубой заточки более производительные, однако при их использовании получается более шероховатая поверхность.

Правка шлифовальных кругов производится при помощи неподвижного и вращающегося правящего инструмента (см. рис. 11.25). К **неподвижным правящим инструментам** относятся однокристалльные алмазы (необработанный алмаз в форме восьмигранника, закрепленный в стальной державке) и алмазно-металлические карандаши (характеризуются произвольным расположением алмазных осколков и позволяют благодаря большей рабочей ширине достигать более значительных величин подачи при правке, для правки прямолинейных поверхностей, предварительно результат правки нельзя определить точно, коэффициент перекрытия не определяется, благодаря более надёжной опоре/большой ширине резания хорошо подходит для правки кругов для внутреннего круглого шлифования). Процесс правки неподвижным правящим инструментом с точки зрения кинематики сопоставим с токарной обработкой. **Вращающийся правящий инструмент** дополнительно совершает вращательное движение. В качестве вращающегося алмазного инструмента для правки чаще всего используются **накатный ролик, профильный ролик и чашечный шлифовальный круг**.

Существенный недостаток неподвижного правящего инструмента, в особенности при правке шлифовальных кругов повышенной твёрдости, состоит в том, что с кругом контактирует лишь небольшое количество алмазов. Поэтому данный инструмент подвержен интенсивному износу, что приводит к отклонениям профиля шлифовального круга. В связи с этим для правки шлифовальных кругов повышенной твёрдости в основном используется вращающийся правящий инструмент.



Рис. 11.25 Кинематика способов правки

8.2 Неподвижный правящий инструмент

8.2.1 Выбор и рекомендации по использованию неподвижного правящего инструмента

Выбор однокристалльных правящих инструментов и алмазно-металлических карандашей осуществляется по следующим критериям:

Правящий инструмент	Профиль шлифовального круга	Способ шлифования / тип производства
	Прямолинейный (цилиндрический, конический) Однопрофильный (выпуклые, вогнутые радиусы)	Наружное круглое, плоское, внутреннее круглое и бесцентровое шлифование Штучное и мелкосерийное производство
	Прямолинейный (цилиндрический, конический)	Внутреннее круглое шлифование (плоское и наружное круглое шлифование условно) Штучное и мелкосерийное производство

Таблица 11.10 Рекомендации по использованию однокристалльных правящих инструментов и алмазно-металлических карандашей

8.2.2 Переменные и характеристические величины при правке неподвижным инструментом

При правке стационарным инструментом поверхностный профиль шлифовального круга образуется за счёт осевой подачи контура круга. Одним из показателей взаимодействия правящего инструмента и вращающегося шлифовального круга является скорость правки v_{fad} . Между двумя ходами правящего инструмента осуществляется радиальная подача на величину a_{ed} .



Рис. 11.26 Условия врезания при правке неподвижным инструментом

Следующие зависимости действительны для правки стационарным инструментом:

- Частота вращения шлифовального круга n_{sd} и окружная скорость шлифовального круга v_{fsd} при правке

$$v_{sd} = \frac{d_s \cdot \pi \cdot n_{sd}}{1000 \cdot 60}$$

v_{sd} Скорость шлифовального круга при правке [м/с] (уравн. 11.46)

n_{sd} Частота вращения шлифовального круга при правке [об/мин]

$$n_{sd} = \frac{v_{sd} \cdot 60 \cdot 1000}{d_s \cdot \pi}$$

d_s Диаметр шлифовального круга [мм]

По возможности окружная скорость при правке v_{sd} должна соответствовать скорости резания v_c при шлифовании (рабочей скорости). Это позволяет избежать динамического дисбаланса. Если из-за сильных вибраций это невозможно, сначала необходимо выполнить радиальную правку шлифовального круга на малой окружной скорости, а затем произвести его правку с рабочей скоростью. (см. также таблицу 11.11)

	Рабочая скорость < 35 м/с	Рабочая скорость > 35 м/с
Операции	1. Радиальная правка при 15–20 м/с	1. Радиальная правка при 15–20 м/с
	2. Правка с рабочей скоростью	2. Правка с рабочей скоростью
		3. Балансировка с рабочей скоростью
		4. Правка с рабочей скоростью

Таблица 11.11 Операции при правке однокристалльным алмазным правящим инструментом

- Радиальная подача при правке a_{ed}

Радиальная подача при правке (см. таблицу 11.12) в первую очередь зависит от размера зерна шлифовального инструмента. Для повышения режущей способности шлифовального круга часто используются непропорционально высокие величины подачи. Это приводит к очень интенсивному износу правящего и шлифовального инструмента. Более удачным решением является увеличение продольной подачи при правке f_{ad} или уменьшение коэффициента перекрытия правки U_d .

В основном рекомендации по использованию алмазно-металлических карандашей аналогичны рекомендациям в отношении однокристалльного правящего инструмента. Благодаря большей по сравнению с однокристалльным инструментом рабочей ширине b_d возможны более высокие величины продольной подачи. Продольную подачу необходимо регулировать в зависимости от требований к высоте микронеровностей поверхности и фактического результата после первого прохода.

	Радиальная подача a_{ed} [мм/ход]	Продольная подача f_{ad} [мм/оборот шлифовального круга]
Однокристалльный правящий инструмент	Крупнозернистые шлифовальные круги (<зерно 120): 0,01–0,03	0,02–0,6 (в зависимости от коэффициента перекрытия)
	Мелкозернистые шлифовальные круги (>зерно 150): 0,005–0,01	
	С использованием СОЖ	
Алмазно-металлический карандаш	Грубое шлифование: 0,02–0,03	0,02–0,6
	Тонкое шлифование: 0,01	
	С использованием СОЖ	

Таблица 11.12 Радиальная и продольная подача при правке неподвижным правящим инструментом

- **Скорость осевой подачи v_{fad} и осевая подача f_{ad} при правке**

$$v_{fad} = f_{ad} \cdot n_{sd}$$

(уравн. 11.47)

v_{fad} Скорость осевой подачи при правке [мм/мин]

f_{ad} Осевая подача [мм]

n_{sd} Частота вращения шлифовального круга при правке [об/мин]

$$f_{ad} = \frac{v_{fad}}{n_{sd}}$$

- **Рабочая ширина правящего инструмента b_d**

Рабочая ширина оказывает существенное влияние на поверхностный профиль шлифовального круга. По возможности следует использовать правящий инструмент, обеспечивающий постоянную результирующую высоту микронеровностей в течение всего срока службы.

По мере увеличения количества материала, снимаемого при правке однокристалльным инструментом, происходит увеличение рабочей ширины b_d вследствие износа. Таким образом, результирующая высота микронеровностей на шлифовальном круге заметно уменьшается.

Правящий инструмент	Рабочая ширина b_d [мм]
Однокристалльный инструмент «новый»	0,2–0,4
Однокристалльный инструмент «старый»	0,6–0,9
Алмазно-металлический карандаш	1,5–5,0

Таблица 11.13 Ориентировочные значения для рабочей ширины при правке

• **Коэффициент перекрытия U_d**

Полученная волнистость шлифовального круга («шаг резьбы») определяется коэффициентом перекрытия U_d . Коэффициент перекрытия определяется по количеству оборотов шлифовального круга во время смещения правящего инструмента (продольная подача при правке f_{ad}) на его рабочую ширину b_d . При повышении коэффициента перекрытия волнистость поверхности круга уменьшается, т. о. круг становится более гладким, и результирующая высота микронеровностей R_{th} также уменьшается.

$$U_d = \frac{b_d}{f_{ad}} = \frac{n_{sd} \cdot b_d}{V_{fad}}$$

- U_d Коэффициент перекрытия (уравн. 11.48)
- b_d Рабочая ширина [мм]
- f_{ad} Осевая подача [мм]
- n_{sd} Частота вращения шлифовального круга при правке [об/мин]
- V_{fad} Скорость осевой подачи [мм/мин]

	Коэффициент перекрытия U_d
Грубое шлифование (черновая обработка)	2–3
Нормальное шлифование (обработка средней чистоты)	4–6
Тонкое шлифование (получистовая обработка)	> 7

Таблица 11.14 Ориентировочные значения для коэффициента перекрытия при правке

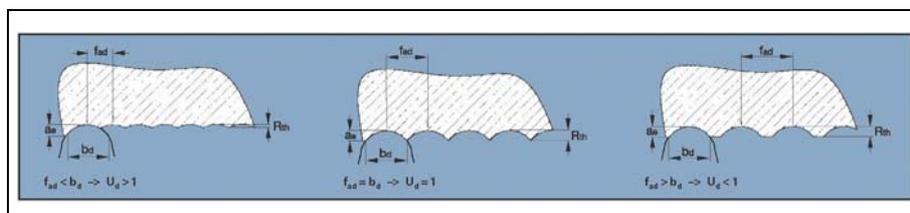


Рис. 11.27 Зависимость между коэффициентом перекрытия и волнистостью шлифовального круга

Кэфф. перекрытия	Волнистость	Поверх. шлиф. круга	Производит. резания	Поверхность детали	Опасность прижога и трещин на теплочувствительных деталях
высокий	слабая	гладкая	низкая	чистая	повышенная
низкий	сильная	шероховатая	высокая	грубая	низкая

Таблица 11.15 Зависимости при структурировании поверхностей шлифовальных кругов

8.2.3 Применение однокристалльного правящего инструмента

В процессе применения однокристалльного алмазного правящего инструмента необходимо обратить внимание на следующее:

- Необходимо соблюдать **угол наклона** оси правки (см. рис. 11.28)
- Правящий инструмент следует **регулярно поворачивать прим. на 90°** в державке во избежание неравномерного износа
- **При зажимании следует оставлять короткую часть** (длина выступающего инструмента $< 2d$) во избежание вибраций
- **Необходимо применять СОЖ в достаточном количестве** для повышения срока службы алмаза. Струю СОЖ следует направлять точно в зону контакта между шлифовальным кругом и правящим инструментом. Ввиду опасности разрушения алмаза **надлежит избегать резкого охлаждения**. Поэтому подвод смазочно-охлаждающей жидкости должен производиться до начала правки.

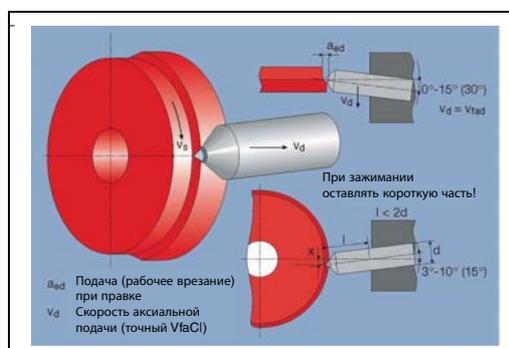


Рис. 11.28 Применение однокристалльного правящего инструмента

Выбор однокристалльного правящего инструмента (вес алмаза в каратах) осуществляется в зависимости от размеров шлифовального круга (см. таблицу 11.16).

Диаметр круга [мм]	Ширина круга [мм]				
	< 20	20–110	110–170	170–250	
< 50	0,4 карата	0,4 карата	0,4 карата	0,8 карата	0,8 карата
50–100			0,8 карата		
100–200		0,8 карата	1,5 карата	1,5 карата	
200–300					
300–400	1,5 карата	1,5 карата	1,5 карата	1,5 карата	
400–500					
500–600	1,5 карата	1,5 карата	1,5 карата	1,5 карата	
600–700					
700–800					
800–900					
900–1000					

Таблица 11.16 Выбор однокристалльного правящего инструмента

8.3 Вращающийся правящий инструмент

При правке вращающимся инструментом различают **формовку** (контурное управление, не привязанные к определённой форме алмазные ролики, преимущественно в мелкосерийном производстве для получения часто меняющейся формы профиля) и **профилирование** (прорезание, алмазные ролики для определённой формы или детали, преимущественно в массовом производстве).

Поверхность алмазных роликов для правки покрыта алмазами в один или несколько слоев. Во время правки ролик приводится в движение. В зависимости от показателя скорости q_d , направления вращения ролика и шлифовального круга (синхронное или встречное), радиальной подачи ролика f_{rd} , размера и концентрации зёрен алмаза можно влиять на результат правки:

- Получистовая обработка: результирующая высота микронеровностей ок. $R_{th} = 2$ мкм (показатель скорости $q_d = -0,7$)
- Черновая обработка: результирующая высота микронеровностей ок. $R_{th} = 18$ мкм (показатель скорости $q_d = 0,9$)

• Соотношение скоростей q_d

$$q_d = \frac{v_{rd}}{v_{sd}}$$

q_{sd} Показатель скорости (уравн. 11.49)
 v_{rd} Скорость ролика для правки [м/с]
 v_{sd} Скорость правки шлифовального круга [м/с]

• Рабочая ширина правящего инструмента b_d

Рабочая ширина оказывает существенное влияние на поверхностный профиль шлифовального круга.

Прямые профильные ролики:

b_d = активная ширина слоя алмазного покрытия

Профильные ролики с радиусом:

$$b_d = \sqrt{8 \cdot r_p \cdot a_{ed}}$$

b_d Рабочая ширина правящего инструмента [мм] (уравн. 11.50)
 r_p Радиус ролика [мм]
 a_{ed} Величина подачи при правке [мм]

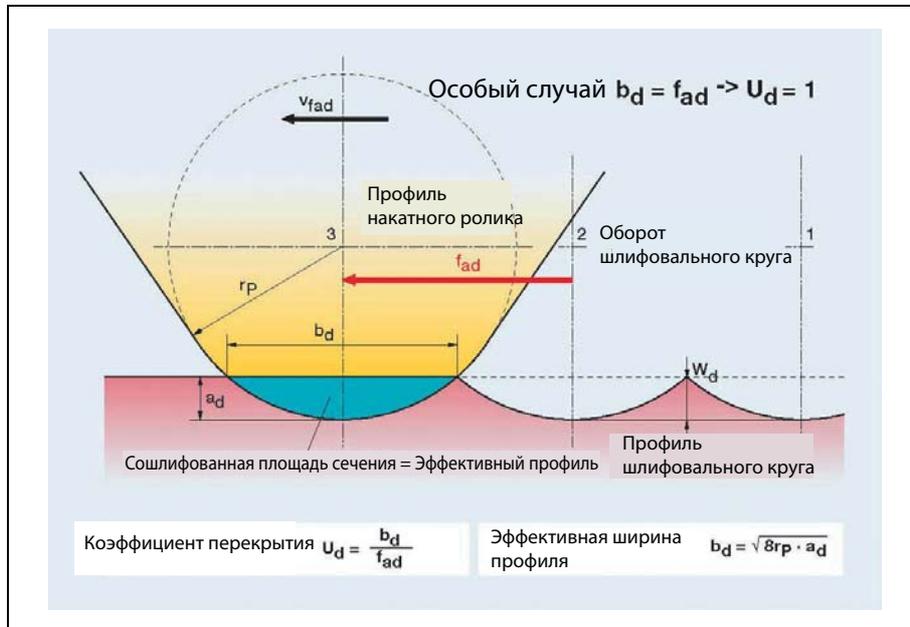


Рис. 11.29 Рабочая ширина и коэффициент перекрытия при правке

- **Ширина резания a_{pd}**

Ширина резания радиусных профильных роликов совпадает с рабочей шириной только в том случае, если коэффициент перекрытия $U_d = 1$. Если продольная подача при правке f_{ad} при постоянных условиях уменьшается, ширина резания a_{pd} также становится меньше.

$$a_{pd} = 0,5 \cdot (b_d + f_{ad})$$

a_{pd} Ширина резания [мм] (уравн. 11.51)
 b_d Рабочая ширина правящего инструмента [мм]
 f_{ad} Осевая подача на оборот круга [мм/об]

8.4 Восстановление режущей способности алмазных шлифовальных кругов и кругов из кубического нитрида бора

При правке алмазного шлифовального инструмента или инструмента из кубического нитрида бора профилирование и заточка кругов по причине высокой твердости абразивного зерна не могут быть выполнены за одну операцию, как при правке обычных шлифовальных кругов (см. также рис. 11.24). При профилировании круга поверхность выравнивается так, что при последующей заточке сначала приходится восстанавливать шероховатость (выступ зерна) шлифовального круга.

8.4.1 Правка (профилирование)

Для профилирования алмазных шлифовальных кругов и кругов из кубического нитрида бора разработано множество различных методов. Правка этих кругов не производится алмазным зерном. При профилировании без использования алмазного зерна, в первую очередь, происходит воздействие на связку шлифовального круга.

Очень популярен благодаря своей универсальности метод профилирования с использованием шлифовальных кругов из SiC, который может применяться для всех поддающихся правке типов связки. При шлифовании кругом из SiC он либо притормаживается, либо приводится в движение, и направляется по соответствующей траектории для получения необходимого профиля. Затем выполняется правка специальным приспособлением.

• **Правка инструментом с приспособлением AV500 (статья 59 9600)**

Приспособление для правки AV500 устанавливается в качестве насадки на салазки суппорта шлифовального станка. Оно оснащается вращающимся шлифовальным кругом из SiC для правки (профилирования) алмазных шлифовальных кругов или кругов из кубического нитрида бора. При этом правка производится методом центробежного торможения.



Рис. 11.30 Правка приспособлением для правки AV 500

Указания по использованию:

- Приспособление для правки AV500 используйте исключительно на неподвижно закрепленных станках
- Только для сухой обработки
- Следите за направлением вращения (синхронное вращение)
- Круг для правки и шлифовальный круг должны быть установлены под небольшим углом друг к другу
- Круг для правки из SiC проверните до контакта с алмазным шлифовальным кругом или кругом из кубического нитрида бора во избежание появления лысок на круге для правки
- Колебательное движение подлежащего правке слоя должно осуществляться в пределах колебания круга для правки
- Затем произведите заточку

Скорость правки [м/с]	Радиальная подача $a_{ед}$ [мм/ход]	Продольная подача $f_{ад}$ [мм/мин]	Поперечный ход [%]
= рабочая скорость v_s	0,01–0,015	200–400	макс. 50
Сухая обработка.			

Таблица 11.17 Параметры правки приспособлением AV 500

8.4.2 Заточка брусками

Заточка производится с использованием брусков из корунда или SiC в керамической или бакелитовой связке. При этом заточка (получение выступов зерна) алмазных шлифовальных кругов или кругов из кубического нитрида бора производится после правки (профилирования) или в процессе шлифования. Заточка выполняется вручную или в стационарном режиме методом врезания, как правило, с охлаждением.

Брусок	Размер = тип зерна и зернистость	Применение	Размер зерна подлежащего заточке шлифовального круга	Вид связки
59 9800	EK600	Шлифование инструмента	25 мкм	Керамическая
59 9820	EK240		25 мкм	
59 9840	EK240, EK600	Плоское и наружное круглое шлифование	от 46 до 181 мкм	Синтетическая смола
59 9860	SC220			

Рекомендуется пропитать брусок смазочно-охлаждающей жидкостью.

Таблица 11.18 Выбор брусков

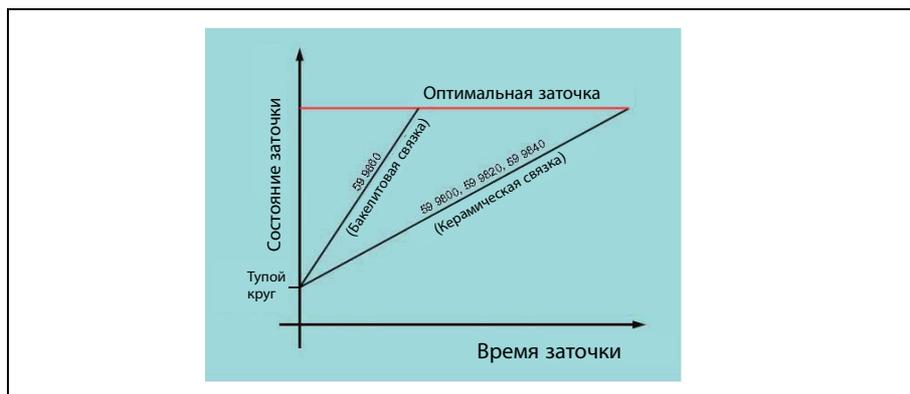


Рис. 11.31 Факторы, влияющие на состояние заточки

9 Смазочно-охлаждающие жидкости

В то время как при обработке резанием с геометрически определённой режущей кромкой со стружкой отводится большая часть тепла, при шлифовании основные источники тепла находятся под режущей кромкой, поэтому преобладающая часть тепла сначала проникает в деталь и вызывает там локальное повышение температуры. В результате данного нагрева, в зависимости от его степени и продолжительности воздействия, могут происходить нежелательные изменения структуры детали (напр., прижог). Посредством использования СОЖ можно снизить продолжительность воздействия и степень нагрева.

Поэтому **первичными задачами** СОЖ являются:

- Уменьшение трения за счёт **смазки** и, тем самым, снижение количества выделяемого тепла

К смазочной способности СОЖ вследствие высоких давлений и температур, возникающих при шлифовании, предъявляются исключительно высокие требования. Для уменьшения или устранения трения должна быть образована разделительная пленка. Пленка из жидкости не позволяет решить данные задачи, поскольку высокое напряжение на единицу поверхности не дает пленкам проникать между выступами поверхностей, между которыми происходит трение, и оставаться там. Таким образом, здесь всегда имеет место состояние так называемой **граничной смазки**. Следовательно, одно из требований в отношении смазочной способности СОЖ состоит в том, чтобы при специфических условиях резания она оказывала смазывающее действие также в зоне граничного трения. Данное действие граничной смазки зависит от сложности операции шлифования. При простых работах (напр., наружное круглое продольное шлифование) смазочная способность, свойственная СОЖ благодаря присутствию различных компонентов, напр., добавок и эмульгаторов, обычно является достаточной. При выполнении сложных операций (напр., врезное шлифование, профильное шлифование), напротив, требуются особые материалы, EP-добавки (extrem pressure – противозадирные добавки), образующие промежуточные слои, значительно препятствующие контакту поверхностей.

- **Охлаждение** за счёт поглощения и отвода выделенного тепла из зоны обработки
Способность поглощать тепло, отводить его и снова отдавать у различных СОЖ является разной. В наибольшей степени она выражена у воды. Поэтому в тех случаях, когда требуется особенно интенсивное охлаждение, используется преимущественно СОЖ, смешиваемая с водой.

Кроме того, СОЖ выполняет **вторичные задачи**:

- **чистка** шлифовального круга и детали,
- **отвод стружки** от зоны обработки, а также
- **защита от коррозии** станка и детали.

Выбор СОЖ зависит от характера работ. В большинстве случаев оптимальным является компромиссный вариант между охлаждением и смазкой.

9.1 Виды СОЖ

Смазочно-охлаждающие жидкости делятся на две основные группы:

1. Не смешиваемые с водой СОЖ
2. Смешиваемые с водой СОЖ

На следующей схеме представлена классификация СОЖ.

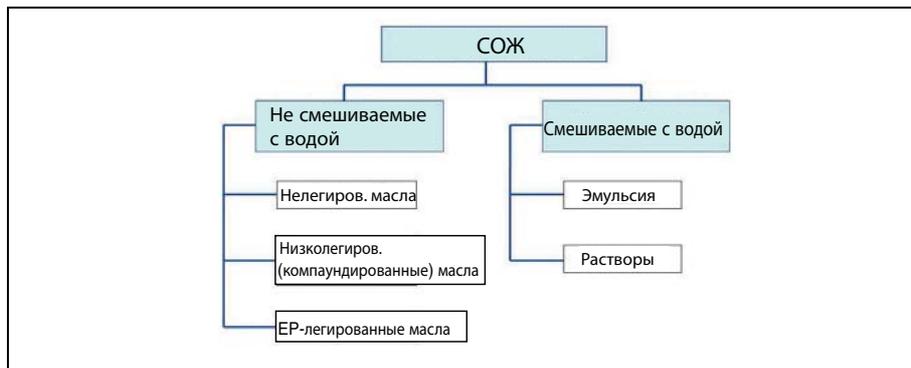


Рис. 11.32 Классификация СОЖ

9.2 Подвод СОЖ

Очень важное значение имеет правильный подвод смазочно-охлаждающей жидкости в зону шлифования. Речь идет не только о достаточном количестве и высоком давлении, помимо этого струя СОЖ должна иметь скорость, приблизительно соответствующую окружной скорости шлифовального круга. Благодаря этому создаются условия, при которых круг может подводить СОЖ также в зону шлифования.

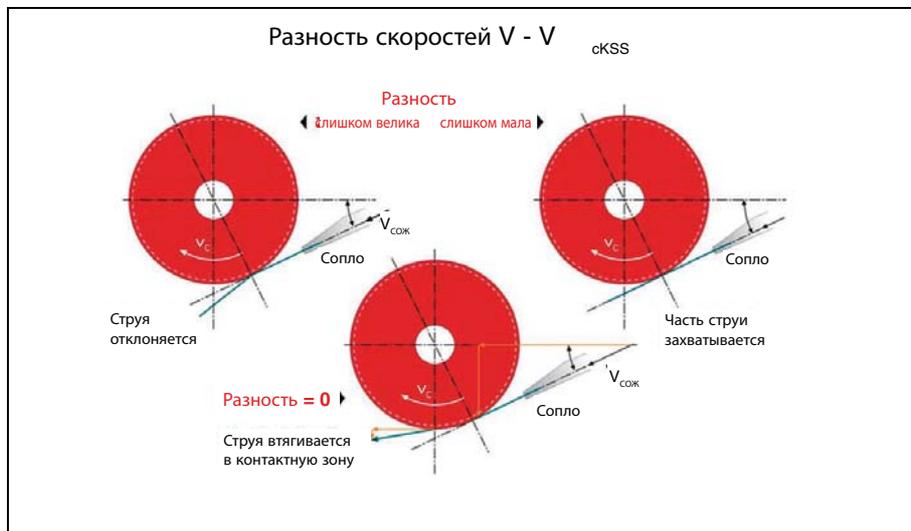


Рис. 11.33 Подача СОЖ и оптимальное направление

Надлежащее снабжение зоны контакта смазочно-охлаждающей жидкостью достигается за счёт оптимальной конструкции сопла. Сопло правильной конструкции имеет прямую зону и тонкое устье. Угол контакта струи СОЖ должен составлять ок. 20 °.

При шлифовании используются различные сопловые системы. Наиболее распространенной и простейшей системой подвода является **оросительное сопло**, при использовании которого большой объёмный поток СОЖ направлен на место обработки относительно свободно. Недостаток данного сопла состоит в том, что часть СОЖ не попадает на место обработки (потери объёмного потока).

Для повышения эффективности общего объёмного потока при помощи **игольчатого сопла или сопла с наконечником** большую часть общего объёмного потока можно целенаправленно подводить к месту обработки.

9.3 Контроль СОЖ

Независимо от того, какая смазочно-охлаждающая жидкость выбрана для работы, успешный результат применения СОЖ, в особенности в течение длительного отрезка времени, зависит от правильного обращения с СОЖ. При этом главным условием является постоянный контроль химических, физических и, не в последнюю очередь, биологических свойств СОЖ.

Первые выводы о состоянии масла можно сделать по его цвету. Посредством сравнения с цветными стеклами можно оценить степень загрязнения и техническое состояние.

Плотность и вязкость определяются соответствующими измерительными приборами. Изменение данных параметров указывает либо на «отошение» масла, либо на наличие нежелательных примесей посторонних жидкостей.

Готовую эмульсию необходимо постоянно контролировать. При этом по внешнему виду и запаху можно дать только общую оценку. Важную роль играет значение pH. Снижение данного показателя свидетельствует о развитии поражения бактериями. Значение pH легко определить при помощи индикаторной бумаги.

10 Меры предосторожности при шлифовании

10.1 Допустимая окружная скорость

В зависимости от прочности соединения абразивного материала и связки (твёрдость шлифовального круга) из соображений безопасности использование шлифовальных кругов допустимо лишь до определённой окружной скорости. В *таблице 11.20* показана общепринятая цветная маркировка для допустимой окружной скорости. Все шлифовальные круги без цветной маркировки можно использовать до окружной скорости не более 40 м/с.

Цветная маркировка	нет	синяя	жёлтая	красная	зелёная	зелёная +синяя	зелёная +жёлтая	зелёная +красная
Допустимая окружная скорость [м/с]	40	50	63	80	100	125	140	160

Таблица 11.20 Цветная маркировка шлифовальных кругов для допустимой окружной скорости

10.2 Техника безопасности при шлифовании

Безопасность при шлифовании обеспечивается совместными усилиями изготовителей станков, шлифовальных кругов и пользователей. Шлифовальные круги в процессе шлифования испытывают высокие нагрузки. Поэтому в целях обеспечения безопасности шлифования станок, шлифовальный круг, а также порядок их использования должны быть оптимально согласованы. При работе на шлифовальных станках в основном необходимо учитывать условия эксплуатации станка и соблюдать предписания в отношении использования защитных кожухов.

В то время как шлифовальный станок и шлифовальный круг изготавливаются с учётом предписанных мер безопасности, пользователь несет ответственность за обеспечение безопасности при шлифовании посредством надлежащей эксплуатации шлифовального станка, а также правильного использования шлифовальных кругов.

Приведённые ниже рекомендации следует рассматривать лишь как обзор важнейших правил использования шлифовальных кругов и обращения с ними.

Действия	Шлифовальные круги в целом
Контроль поставок	<p>Проверьте упаковку поступившего товара.</p> <p>При наличии видимых повреждений упаковки необходимо произвести особенно тщательный контроль шлифовального круга на наличие возможных повреждений при перевозке.</p>
Хранение	<p>Шлифовальные круги следует хранить на соответствующих стеллажах или в контейнерах таким образом, чтобы исключить их повреждение и обеспечить легкий доступ к каждому кругу. В первую очередь следует использовать старые запасы.</p> <p>Во избежание повреждений хранить круги следует в сухом, незамерзающем помещении, защищенном от резких перепадов температуры и вибраций.</p> <p>Срок хранения кругов на керамической связке не ограничен.</p> <p>Шлифовальные круги на бакелитовой связке следует хранить не более 3 лет, поскольку в результате охрупчивания может произойти снижение прочности.</p> <p>Оптимальные условия хранения различных шлифовальных кругов:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Отрезные круги следует хранить на ровном основании без прокладок, прижав сверху стальной плитой. • Большие, плоские круги прямого профиля следует хранить в вертикальном положении, обеспечив их устойчивость. Идеальным вариантом является шкаф GARANT для хранения шлифовальных кругов (№ 958760/8765). • Чашечные цилиндрические круги и шлифовальные тарелки следует складывать в стопки, используя мягкие прокладки. • Чашечные конические круги (форма 11) следует складывать в стопки торцами вместе или основаниями вместе. • Круги небольшого диаметра следует хранить в подходящих контейнерах.
Обозначение	<p>Обозначения используются для информирования в первую очередь лиц, производящих крепление шлифовальных кругов, о правилах безопасности при эксплуатации и о назначении изделия. Использование шлифовальных кругов допустимо только в том случае, если на них имеются следующие минимальные сведения (см. также раздел 3 данной главы):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Изготовитель • Размеры шлифовального круга • Материал (по меньшей мере вид связки) • Макс. допустимая частота вращения нового шлифовального круга • Макс. рабочая скорость в м/с <p>Дополнительные обозначения, например:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Цветные полосы (см. также раздел 11.1 данной главы) <p>Ограничения в использовании (предназначены для определённых способов шлифования и режимов работы)</p>
Контроль перед креплением	<p>Каждый раз перед креплением следует чистить шлифовальные круги и проверять их целостность.</p> <p>Непосредственно перед установкой нового или старого круга следует выполнить звуковую пробу. Для звуковой пробы лёгкие круги надеваются на стержень или палец, тяжёлые круги ставятся на прочное основание. Поврежденные круги устанавливать нельзя. Следует обстучать круг в нескольких местах неметаллическим предметом. Неповрежденный круг издает чистый звук, поврежденный – глухой, нечёткий звук.</p> <p>Все контактные поверхности шлифовальных кругов, прокладок и зажимных фланцев должны быть ровными (плоскими) и без посторонних частиц. Посторонние частицы между шлифовальным кругом и прижимными фланцами вызывают появление мест давлений и напряжений, которые могут стать причиной разрушения шлифовального круга.</p>

Таблица 11.21 Техника безопасности при работе с шлифовальными кругами

Продолжение таблицы 11.21 Техника безопасности при работе с шлифовальными кругами

Действия	Шлифовальные круги в целом
Крепление	<p>Крепление шлифовальных кругов должно производиться квалифицированным специалистом или под его контролем. В зависимости от типа станка и способа шлифования, а также формы шлифовального круга различают следующие виды крепления:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Крепление в центральном отверстии посредством прижимного фланца Прижимные фланцы предназначены для передачи движущих сил и поэтому должны иметь такие свойства, чтобы в процессе крепления не произошла деформация прижимного фланца. Опорные поверхности должны быть ровными (плоскими) и без заусенцев, круг должен перемещаться строго в одной плоскости. Можно использовать только прижимные фланцы одинакового размера по наружному диаметру и одинаковой формы со стороны прилегания. Они должны быть выполнены таким образом, чтобы прилежала только кольцевая поверхность прижимного фланца. • Крепление посредством встроенных крепежных элементов Шлифовальные круги крепятся посредством встроенных крепежных элементов к шлифовальному станку. Таким способом крепятся цилиндрические и конические чашечные круги. • Крепление посредством опорного диска При помощи опорных дисков шлифовальные круги либо приклеиваются, либо прикручиваются. При правильном резьбовом соединении конец винта не должен касаться основания шлифовального круга. • Крепление посредством зажимной головки
Пробный пуск перед началом работы	<p>Перед первым использованием любого стандартного шлифовального круга (диаметр более 80 мм) и после каждого повторного крепления круга необходимо производить его пробный пуск с максимальной рабочей скоростью. Продолжительность пробного пуска шлифовальных кругов на ручных шлифмашинах составляет полминуты, на другом шлифовальном оборудовании 1 минуту. Пробный пуск можно производить только после оборудования надлежащей защитой опасной зоны и установки защитного кожуха, если предписано его использование для работы с шлифовальным кругом. <<Только после успешного пробного пуска без претензий можно приступить к работе с использованием шлифовального круга.</p>
Защитные кожухи, крышки, защитные очки, защитная одежда	<p>Все предусмотренные изготовителем станка защитные устройства перед началом шлифования необходимо правильно установить и переместить в надлежащее положение (закрывать). Любые шлифовальные работы, во время которых возможно травмирование людей отбрасываемыми осколками шлифовального круга или детали, должны выполняться только с использованием защиты для глаз (защитных очков) и, при необходимости, другой защитной одежды (напр., кожаного фартука и кожаных перчаток).</p>

11 Решение проблем при шлифовании

Процесс шлифования является очень сложным и поэтому данный вид работ освоить труднее, чем, например, токарную обработку. В следующей таблице представлены отдельные проблемы и способы их решения:

Проблема		Возможные причины					
1	Слишком шероховатая поверхность	Слишком большая подача					
		Недостаточная продолжительность выхаживания					
		Слишком крупное зерно					
		Недостаточная твёрдость шлифовального круга					
		Неправильный выбор СОЖ или способа подвода					
		Недостаточная скорость резания					
		Недостаточная ширина круга					
2	Следы дробления	Слишком низкий коэффициент перекрытия					
		Дисбаланс круга					
		Слишком высокая скорость резания					
		Слишком высокая твёрдость круга					
3	Прижог / шлифовочные трещины	Деталь вибрирует					
		Забивание шлифовального круга					
		Неправильный выбор СОЖ					
		Подвод СОЖ не соответствует процессу					
		Дисбаланс круга					
4	Слишком высокий уровень шума	Шлифовальный круг слишком твёрдый					
		Забивание шлифовального круга					
5	Недостаточный период стойкости	Абразивное зерно выкрашивается слишком быстро					
		Недостаточная скорость резания					
		Недостаточный диаметр круга					
		Неправильный выбор СОЖ					
6	Цилиндры приобретают коническую форму	Плохое центрирование шлифовального круга					
		Некачественная правка круга					
7	Неточные размеры детали при профильном шлифовании	Износ профильного круга					
1	2	3	4	5	6	7	Способы устранения
							Уменьшить подачу
							Увеличить продолжительность выхаживания
							Уменьшить размер зерна
							Использовать более твёрдые шлифовальные круги
							Уменьшить твёрдость шлифовального круга
							Использовать шлифовальный круг с более открытой структурой
							Заменить СОЖ
							Использовать масло для шлифования
							Использовать в качестве СОЖ эмульсию
							Проверить / изменить подвод СОЖ
							Увеличить скорость резания
							Уменьшить скорость резания
							Увеличить диаметр круга
							Увеличить ширину круга
							Уменьшить подачу
							Произвести балансировку
							Проверить крепление / люфт шпинделя
							Произвести черновую правку шлифовального круга
							Произвести правку шлифовального круга

Таблица 11.22 Причины возникновения проблем при шлифовании и способы их устранения

Алфавитный указатель

A

Активная сила	108
Алмаз	145
Алюминий	60
Классификация	60
Обрабатываемость резанием	61
Параметры резания	64
Технологические параметры	62

B

Балансировка	764
Динамический дисбаланс	766
Качество балансировки	766
Качество балансировки системы в сборе	68
Остаточный дисбаланс	767
Статический дисбаланс	765
Бронза	68

B

Вращающий момент	118
Высокопроизводительная обработка резанием (HPC)	125
Высокоскоростная обработка резанием (HSC)	123
Выход стружки	119
Объемная производительность резания	119, 152
Удельная объемная производительность резания	119, 152

G

Глубокое сверление	179
Графит	57, 58
Группы материалов	4
Классификация	4

З

Зажимные патроны	748
Высокоточный цанговый патрон	751, 753
Гидропластовый патрон	750
Границы применения	759
Патрон Weldon	748
Пределные значения частоты вращения	761
Термозажимной патрон	754
Цанговые патроны	749

Зенкерование	358
Основное машинное время	362
Параметры сечения среза	360
Силы, вращающий момент, мощность	361
Таблицы ориентировочных значений	363

I

Износ	97
Деформация, пластическая	100
Допустимая ширина фаски износа задней поверхности	98
Причины	97
Формы	98
Износ задней поверхности режущей части	99, 110
Износ инструмента	97
Износ по передней поверхности	99
Инструментальные материалы	137, 148
CBN	143
Алмаз	145
Высококачественная быстрорежущая сталь	139
Кермет	142
Обзоры инструментальных материалов	148
Порошковые стали	139
Свойства	137
Твёрдый сплав	141, 148
Испытание твёрдости	83
Металлы	83
Пластмассы	84

K

Кермет	142
Кобальтовый сплав	71
Параметры резания	72
Ковкий чугун	55, 57
Коэффициент PRE	52
Крепление инструмента	742
Балансировка	764
Высокоточный цанговый патрон	751, 753
Гидропластовый патрон	750
Границы применения, зажимной патрон	759
Зажимные приспособления	743
Крутой конус	744
Патрон Weldon	702
Полый конус	746
Приводные головки	771, 775
Резцедержатели по стандарту VDI	770

Система зажимания по нулевой точке	777
Сравнение зажимных патронов	197, 759
Технология термозажима	754
Хвостовики	783
Цанговые патроны	749
Крутой конус	744

Л

Латунь	68
Литейная сталь	55

М

Магний	64
Параметры резания	65
Материалы	2
Маркировка	37
Медь	68
Параметры резания	69
Минимальный расход смазки	131
Многоцелевая обработка резанием (МТС)	127
Момент	118, 153, 154, 155, 156
Мощность	118, 119, 153, 154, 155, 156

Н

Накатывание рифлений	681
Материал накаток для прямого рифления	683
Ориентировочные режимы резания	738, 740
Профили	681
Процесс	685
Нарезание резьбы метчиками	308
Распределение резцов	310
Силы, мощность	311
Таблицы ориентировочных значений	312
Формы	309
Нарезание резьбы резцами	326
Основное машинное время	333
Подача	327
Подкладные пластины	329
Пример применения	332
Способ обработки	329
Таблица ориентировочных значений	335
Типы профилей	326
Число резцов	329
Нарост на режущей кромке	96
Никелевые сплавы	69
Параметры резания	70
Нитрид бора	143

О

Обрабатываемость резанием	46, 57, 79
Образование проточин на задней поверхности	101
Образование стружки	90
Образование термотрещин	101
Объёмная производительность резания	119, 152
Основное машинное время	157
Отбелённый чугун	55, 57
Отрезание	672

П

Параметры сечения среза	95
Пассивная составляющая силы резания	108, 116
Перлит	46
Пиление	404
Основное машинное время	408
Параметры сечения среза	406
Профили зубьев	410
Сила, мощность	408
Таблицы ориентировочных значений	418
Точность	405
Устранение проблем	415
Шаг зуба	410
Пластики, армированные волокном	74, 81
Пластмассы	72
Армированные волокном	74, 81
Испытание твёрдости	84
Классификация	72
Обрабатываемость резанием	79
Обозначение	44
Распознавание и свойства	76
Поверхность	120, 152
Подача	152
Показатель плотности заполнения пространства стружкой	94
Покрытия	131, 146
Процесс	146
Свойства	148
Поломка	100
Полый конус	746
Поперечное сечение стружки	96
Приводные головки	771
Модульные инструменты (токарные станки)	775
Моноблочный инструмент (токарные станки)	771

Р

Радиальное биение	197
Развёртывание	378
Допуски и посадки	384
Нижний предел допуска при развёртывании	388
Основное машинное время	380
Параметры сечения среза	379
Развёртки – исполнение	381
Силы, вращающий момент, мощность	380
Таблицы ориентировочных значений	389
Расточные державки	188, 663
Реактопласт	73
Резцедержатели по стандарту VDI	770
Резьба	294
Виды	302
Обзор инструментов	296, 298, 300
Параметры	302
Таблицы диаметров отверстий под резьбу	304
Резьбофрезерование	314
Многогранные и треугольные СМП	323, 325
Основное машинное время	314
Особенности	315
Принцип	314
Резьбофрезерование концевыми резьбофрезами	318
Резьбофрезерование с использованием СМП	320
Резьбофрезерование сверлящей резьбофрезой	316

С

Сверление	160
Глубина сверления	178
Глубокое сверление	179
Диаметр предварительного сверления	179
Основное машинное время	177
Параметры сечения среза	171
Примеры применения	190
Рассверливание, растачивание	187, 188, 189
Свёрла со сменной головкой	185
Свёрла со сменными пластинами	170, 186, 195
Свёрла спиральные	166, 168, 180
Факторы, влияющие на результат сверления	197
Свёрла цельные	
твёрдосплавные	168, 184

Силы, вращающий момент, мощность	173
Таблицы ориентировочных значений	199
Устранение проблем	198
Серый чугун	56, 57
Сила	108, 153, 154, 155, 156
Сила подачи	108, 116
Сила резания	110
Поправочные коэффициенты	114
Удельная сила резания	111, 112, 113
Факторы, влияющие	115
Сила резания	108
Составляющие	108
Уравнение	109
Система зажимания по нулевой точке	777
Конструкция	777
Принцип работы	779
Система микросмазки	301
Система цветовой маркировки	164
Скорость резания	152
Сменные многогранные пластины	665
СОЖ	824
Сталь	38, 45
Тоолох	54
Классификация	45, 50
Легированная сталь	45, 48, 50
Маркировка	38
Нелегированная сталь	45, 50
Обрабатываемость резанием	46, 48, 49, 50, 54
Содержание углерода	46
Термообработка	49
Стеклопластик	75, 81
Стеллит	71
Стойкость	103
Уравнение стойкости	103
Факторы, влияющие	105
Стружка	91, 92, 93
Виды стружки	92
Показатель плотности заполнения пространства стружкой	94
Формы стружки	93
Стружколомы	668
Сухой способ обработки резанием	128

Т

Таблица ориентировочных значений	736
Твёрдая обработка	133, 135
Твёрдый сплав	141
Термообработка	49
Термопласт	74

Титан	66
Параметры резания	67
Точение	652
Державка	662
Нарезание резьбы резцами	326
Обработка прорезными резцами	656, 679
Основное машинное время	659
Отрезание	672
Параметры стружкообразования	95, 657
Примеры применения	678
Продольное точение	96, 656, 659
Растачивание	671
Решение проблем	676
Силы, мощность	108, 658
СМП с длинным зачистным лезвием	667
Способы обработки точением	656
Стружколомы	668
Таблицы ориентировочных значений	653, 701
Токарные сменные пластины	654, 664
Токарный резец	661
Тонкое точение	675
Торцевое точение	656, 660
Чистовое точение	673, 680

У

Углепластик	76, 81
Угол в плане	117
Уравнения	152

Ф

Феррит	46
Формирование резьбы	312
Формулы	152
Фрезерование	424
Инструмент для фрезерования	441
Обзор инструментов	428, 430, 436
Параметры сечения среза	444
Периферийное фрезерование	447, 450
Процесс фрезерования	438
Примеры применения	455
Расчёт параметров	451
Решение проблем	460
Таблицы ориентировочных значений	461
Торцевое фрезерование	445, 448
Тип инструмента	435
Факторы, влияющие на результат фрезерования	454

Х

Хвостовики	783
------------	-----

Ц

Цветные металлы	60
Маркировка	42

Ч

Частота вращения	152
Чёрные металлы	45
Чугун	45, 55, 58
Классификация	55
Ковкий чугун	57
Маркировка	40
Отбелённый чугун	57
Параметры резания	59
Серый чугун	56, 57
Чугун ADI	58
Чугун с компактным червеобразным графитом	58
Чугун с шаровидным графитом	56
Чугунное литьё	55
Классификация	55
Обрабатываемость резанием	57

Ш

Шероховатость	120
Показатели	121, 152
Шлифование	784
Восстановление режущей способности	814
Износ шлифовального круга	813
Круглое шлифование	789, 810
Меры предосторожности	828
Основное машинное время	810
Охлаждение	824
Переменные и характеристические величины	802
Плоское шлифование	789, 811
Правящие инструменты	816, 821
Процесс шлифования	787
Решение проблем	830
Силы, мощность	807
Торцевое шлифование	789, 811
Шлифовальный круг	791

Э

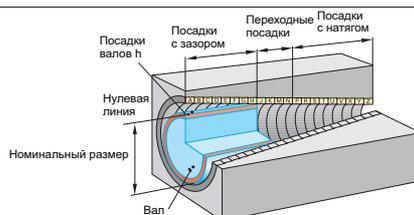
Эластомеры	73, 74
------------	--------

Посадки по ISO, система вала

Информация

(Выдержка из DIN 7155)
 Величина допуска указана в мкм (= 0,001 мм).

В системе вала предельные отклонения валов одинаковы (при одном и том же классе точности и одном и том же номинальном размере), а различные посадки достигаются путем изменения предельных отклонений отверстий. Во всех стандартных посадках системы вала верхнее отклонение равно нулю.



Отверстия	Тип посадки*)	Номинальные размер выше ... мм																					
		1/3	3/6	6/10	10/14	14/18	18/24	24/30	30/40	40/50	50/65	65/80	80/100	100/120	120/140	140/160	160/180	180/200	200/225	225/250			
Вал h5		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
P6		-6	-9	-12	-15	-18	-21	-26	-30	-36	-41	-45	-52	-61	-70	-81	-93	-105	-113	-123			
N6		-4	-5	-7	-9	-11	-12	-14	-16	-20	-22	-24	-28	-33	-38	-45	-51	-58	-67	-77			
M6		-2	-1	-3	-4	-4	-4	-5	-6	-8	-8	-8	-10	-12	-15	-18	-22	-27	-33	-40			
J6		+2	+5	+5	+6	+8	+10	+13	+16	+18	+22	+24	+28	+33	+38	+45	+51	+58	+67	+77			
H6		+6	+8	+9	+11	+13	+16	+19	+22	+25	+29	+33	+38	+45	+51	+58	+67	+77	+87	+97			
Вал h6		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
S7		-14	-15	-17	-21	-27	-34	-42	-48	-58	-66	-77	-85	-93	-105	-113	-123	-133	-151	-169			
R7		-10	-11	-13	-16	-20	-25	-30	-32	-38	-41	-48	-50	-53	-60	-63	-67	-77	-87	-97			
N7		-4	-4	-4	-5	-7	-8	-9	-10	-12	-12	-15	-16	-18	-22	-24	-27	-33	-38	-45			
M7		-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
K7		0	+3	+5	+6	+6	+7	+9	+10	+12	+12	+15	+16	+18	+22	+24	+27	+33	+38	+45			
J7		+4	+6	+8	+10	+12	+14	+18	+22	+26	+30	+33	+38	+45	+51	+58	+67	+77	+87	+97			
H7	S	+10	+12	+15	+18	+21	+25	+30	+35	+40	+46	+51	+58	+67	+77	+87	+97	+107	+117	+127			
G7	S	+12	+16	+20	+24	+28	+34	+40	+47	+54	+61	+69	+77	+87	+97	+107	+117	+127	+137	+147			
F7		+16	+22	+28	+34	+41	+50	+60	+71	+83	+96	+109	+123	+138	+153	+169	+185	+201	+217	+233			
Вал h9		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
H8	S	+14	+18	+22	+27	+33	+39	+46	+54	+63	+72	+81	+91	+101	+111	+121	+131	+141	+151	+161			
H11	S	+60	+75	+90	+110	+130	+160	+190	+220	+250	+290	+330	+370	+410	+450	+490	+530	+570	+610	+650			
F8	S	+20	+28	+35	+43	+53	+64	+76	+90	+106	+122	+138	+154	+171	+188	+205	+222	+240	+257	+274			
E9	S	+39	+50	+61	+75	+92	+112	+134	+159	+185	+215	+240	+266	+292	+318	+344	+370	+396	+422	+448			
D10	S	+60	+78	+98	+120	+149	+180	+220	+260	+305	+355	+400	+440	+480	+520	+560	+600	+640	+680	+720			
C11	S	+120	+145	+170	+205	+240	+280	+330	+390	+450	+510	+570	+630	+690	+750	+810	+870	+930	+990	+1050			
Вал h11		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
H11	S	+60	+75	+90	+110	+130	+160	+190	+220	+250	+290	+330	+370	+410	+450	+490	+530	+570	+610	+650			
D11	S	+80	+105	+130	+160	+195	+240	+290	+340	+395	+450	+500	+550	+600	+650	+700	+750	+800	+850	+900			
C11	S	+120	+145	+170	+205	+240	+280	+330	+390	+450	+510	+570	+630	+690	+750	+810	+870	+930	+990	+1050			
A11	S	+330	+345	+370	+400	+430	+470	+480	+530	+550	+600	+630	+670	+710	+770	+830	+890	+950	+1030	+1110			

*) рекомендуемые посадки согласно DIN7157S = (посадка с зазором.)

Посадки по ISO, система отверстия

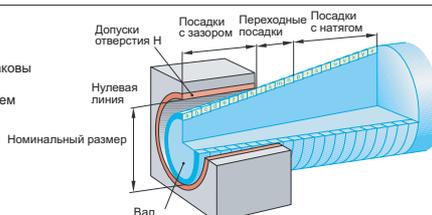
Информация

(Выдержка из DIN 7154)

Величина допуска указана в мкм (= 0,001 мм).

В системе отверстия предельные отклонения отверстия одинаковы (при одном и том же классе точности и одном и том же номинальном размере), а различные посадки достигаются путем изменения предельных отклонений валов.

Во всех стандартных посадках системы отверстия нижнее отклонение равно нулю.



Валы	Тип посадки*)	Номинальные размер от ... до ... мм																			
		1/3	3/6	6/10	10/14	14/18	18/24	24/30	30/40	40/50	50/65	65/80	80/100	100/120	120/140	140/160	160/180	180/200	200/225	225/250	
Отверстие H6		+6	+8	+9	+11	+13	+16	+19	+22	+25	+29										
p5		+10	+17	+21	+26	+31	+37	+45	+52	+61	+70										
n5		+8	+13	+16	+20	+24	+28	+33	+38	+45	+51										
k6		+6	+9	+10	+12	+15	+18	+21	+25	+28	+33										
j6		+4	+6	+7	+8	+9	+11	+12	+13	+14	+16										
h5		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0										
Отверстие H7		+10	+12	+15	+18	+21	+25	+30	+35	+40	+46										
s6	P	+20	+27	+32	+39	+48	+59	+72	+88	+107	+129	+155	+185	+220	+260	+305	+355	+410	+470	+540	
r6	P	+16	+23	+28	+34	+41	+50	+60	+73	+88	+106	+129	+157	+190	+228	+272	+322	+377	+437	+502	
n6	U	+10	+16	+19	+23	+28	+33	+39	+45	+52	+60										
m6		+8	+12	+15	+18	+21	+25	+30	+35	+40	+46										
k6	U	+6	+9	+10	+12	+15	+18	+21	+25	+28	+33										
j6	U	+4	+6	+7	+8	+9	+11	+12	+13	+14	+16										
h6	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0										
g6	S	-2	-4	-5	-6	-7	-9	-10	-12	-14	-15										
f7	S	-6	-10	-13	-16	-20	-25	-30	-36	-43	-50										
Отверстие H8		+14	+18	+22	+27	+33	+39	+46	+54	+63	+72										
x8	P	+34	+46	+56	+67	+81	+97	+119	+146	+178	+216	+260	+310	+365	+425	+490	+560	+635	+715	+800	
u8	P	+32	+41	+50	+60	+74	+81	+99	+109	+133	+148	+178	+198	+233	+253	+273	+308	+330	+356	+390	
h9	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0										
f7	S	-6	-10	-13	-16	-20	-25	-30	-36	-43	-50										
d9	S	-20	-30	-40	-50	-65	-80	-100	-120	-145	-170										
Отверстие H11		+60	+75	+90	+110	+130	+160	+190	+220	+250	+290										
h9	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0										
h11	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0										
d9	S	-20	-30	-40	-50	-65	-80	-100	-120	-145	-170										
c11	S	-60	-70	-80	-95	-110	-120	-130	-140	-150	-170	-180	-200	-210	-230	-240	-260	-280	-300	-320	
a11	S	-270	-270	-280	-290	-300	-310	-320	-340	-360	-380	-410	-460	-520	-580	-660	-740	-820	-900	-1000	

*) Рекомендуемые посадки согласно DIN7157 (P = посадка с натягом, U = переходная посадка, S = посадка с зазором).

Продолжение: Посадки по ISO, система отверстия

Информация

(Выдержка из DIN 7154)
 Величина допуска указана в мкм (= 0,001 мм).

Валы	Номинальные размер от ... до ... мм									
	1 3	3 6	6 10	10 18	18 30	30 50	50 80	80 120	120 180	180 250
d 11	- 20 - 80	- 30 - 105	- 40 - 130	- 50 - 160	- 65 - 195	- 80 - 240	- 100 - 290	- 120 - 340	- 145 - 395	- 170 - 460
e 8	- 14 - 28	- 20 - 38	- 25 - 47	- 32 - 59	- 40 - 73	- 50 - 89	- 60 - 106	- 72 - 126	- 85 - 148	- 100 - 172
f 8	- 6 - 20	- 10 - 28	- 13 - 35	- 16 - 43	- 20 - 53	- 25 - 64	- 30 - 76	- 36 - 90	- 43 - 106	- 50 - 122
f 9	- 6 - 31	- 10 - 40	- 13 - 49	- 16 - 59	- 20 - 72	- 25 - 87	- 30 - 104	- 36 - 123	- 43 - 143	- 50 - 165
h 7	0 - 10	0 - 12	0 - 15	0 - 18	0 - 21	0 - 25	0 - 30	0 - 35	0 - 40	0 - 46
h 8	0 - 14	0 - 18	0 - 22	0 - 27	0 - 33	0 - 39	0 - 46	0 - 54	0 - 63	0 - 72
h 10	0 - 40	0 - 48	0 - 58	0 - 70	0 - 84	0 - 100	0 - 120	0 - 140	0 - 160	0 - 185
h 12	0 - 100	0 - 120	0 - 150	0 - 180	0 - 210	0 - 250	0 - 300	0 - 350	0 - 400	0 - 460
js 11	+ 30 - 30	+ 38 - 38	+ 45 - 45	+ 55 - 55	+ 65 - 65	+ 80 - 80	+ 95 - 95	+ 110 - 110	+ 125 - 125	+ 145 - 145
js 12	+ 50 - 50	+ 60 - 60	+ 75 - 75	+ 90 - 90	+ 105 - 105	+ 125 - 125	+ 150 - 150	+ 175 - 175	+ 200 - 200	+ 230 - 230
js 14	+ 125 - 125	+ 150 - 150	+ 180 - 180	+ 215 - 215	+ 260 - 260	+ 310 - 310	+ 370 - 370	+ 435 - 435	+ 500 - 500	+ 575 - 575
js 16	+ 300 - 300	+ 375 - 375	+ 450 - 450	+ 550 - 550	+ 650 - 650	+ 800 - 800	+ 950 - 950	+ 1100 - 1100	+ 1250 - 1250	+ 1450 - 1450
k 10	+ 40 0	+ 48 0	+ 58 0	+ 70 0	+ 84 0	+ 100 0	+ 120 0	+ 140 0	+ 160 0	+ 180 0
k 11	+ 60 0	+ 75 0	+ 90 0	+ 110 0	+ 130 0	+ 160 0	+ 190 0	+ 220 0	+ 250 0	+ 290 0
k 12	+ 90 0	+ 120 0	+ 150 0	+ 180 0	+ 210 0	+ 250 0	+ 300 0	+ 350 0	+ 400 0	+ 460 0
k 16	+ 600 0	+ 750 0	+ 900 0	+ 1100 0	+ 1300 0	+ 1600 0	+ 1900 0	+ 2200 0	+ 2500 0	+ 2900 0

Наружные размеры

Единицы СИ – Международная система единиц

5 июля 1976 в ФРГ была введена система единиц СИ. По окончании переходного периода, с 1 января 1978 года, она стала обязательной.

Основные единицы СИ*

Величина	Название	Обозначение
Длина	Метр	м
Масса	Килограмм	кг
Время	Секунда	с
Сила тока	Ампер	А
Сила	Ньютон	Н
Вращающий момент	Ньютон-метр	Н*м
Мощность	Ватт	Вт
Энергия (работа)	Джоуль	Дж
Давление	Паскаль	Па
Температура**	Кельвин	К

Основные приставки СИ и их применение

мега	М	1 000 000 = 10 ⁶	1 МВт = 1 000 000 Вт
кило	к	1 000 = 10 ³	1 кВт = 1 000 Вт
гекто	г	100 = 10 ²	1 гл = 100 л
дека	да	10	1 даН = 10 Н
деци	д	0,1 = 10 ⁻¹	1 дм = 0,1 м
санти	с	0,01 = 10 ⁻²	1 см = 0,01 м
милли	м	0,001 = 10 ⁻³	1 мм = 0,001 м
микро	мк	0,000001 = 10 ⁻⁶	1 мкм = 0,000001 м

Энергия/работа (в джоулях)

Для единицы энергии приняты 3 эквивалентных обозначения:

1. Ньютон-метр Н*м (механическая энергия)
2. Ватт-секунда Вт*с (электрическая энергия)
3. Джоуль Дж (тепловая энергия)

Обозначение определяет вид энергии - механическую, электрическую или тепловую:

1 Дж = 1 Н*м = 1 Вт*с (относительно абсолютной величины)

Основные пересчеты между старыми и новыми единицами СИ

единицы СИ в старую единицу:

Н	=	0,102 кгс
Н*м	=	0,102 кгс*м (=1 Джоуль)
Вт	=	0,102 кгс*м/с (=1 Дж/с)
кВт	=	1,36 л. с.
кВт	=	860 ккал/ч
Дж	=	0,102 кгс*м ²
Дж	=	0,239 кал
Па	= (1 Н/м ²) =	0,102 кгс/м ²
К	=	°C + 273,15

старой единицы в единицу СИ:

1 кгс	=	9,81 Н
1 кгс*м	=	9,81 Н*м
1 кгс*м/с	=	9,81 Вт
1 л. с.	=	0,736 кВт
1 ккал/ч	=	1,16*10 ⁻³ кВт= 0,00116 кВт
1 кгс/м ²	=	9,81 Дж
1 кал	=	4,19 Дж
1 кгс/м ²	=	9,81 Па = 9,81 Н/м ²

Согласно таблицам

1 кгс = 9,81 Н и 1 Н = 0,102 кгс.

При норме погрешностей лишь 2 процента кгс и Н расходятся на коэффициент 10.

Поэтому на практике используются следующие значения:

$$\begin{aligned} 1 \text{ кгс} &= 10 \text{ Н} \\ 1 \text{ Н} &= 0,1 \text{ кгс} \end{aligned}$$

Перевод механических нагрузок

Единица	Н/мм ²	Па	кгс/мм ²
1 Н/мм ²	1	10 ⁶	0,102
1 Па	10 ⁻⁶	1	0,102 * 10 ⁻⁶
1 кгс/мм ²	9,81	9,81 * 10 ⁶	1

В данном случае также на практике пересчет с достаточной точностью (погрешность 2 процента) производится следующим образом:

$$\begin{aligned} 1 \text{ Н/мм}^2 &= 0,1 \text{ кгс/мм}^2 \\ 1 \text{ кгс/мм}^2 &= 10 \text{ Н/мм}^2 \end{aligned}$$

Старые названия и единицы, которые сохраняются

Величина Название Обозначение Отношение к единице СИ

Объём	Литр	л	1 л = 1 дм ³ = 0,001 м ³
Масса	Тонна	т	1 т = 1 Мг = 1000 кг
Давление	Бар	бар	1 бар = 10 ⁵ Па
Площадь	Ар	ар	1 ар = 10 ² м ²
Угол	Градус	°	1° = 17,45 мрад
	Минута	'	1' = 0,291 мрад
Время	Секунда	"	1" = 4,85 рад
	Минута	мин	1 мин = 60 с
Скорость	Час	ч	1 ч = 3600 с
		км/ч	1 км/ч = 1/3,6 м/с
		м/с	= 3,6 км/ч

Благодаря использованию системы СИ можно однозначно выделить силу с одной стороны и массу (вес) с другой стороны и устранить смешение понятий кгс и кг.

Единицей силы является ньютон (Н)

Единицей массы (веса) является килограмм (кг)

Разница вызвана ускорением силы тяжести 9,81 м/с².

Например:

1. Нагрузка на балку составляет 10 кН
2. Балка весит 200 кг

Шкала Кельвина начинается с абсолютного нуля = - 273,15 °C

Следующая таблица отражает связь между °C и К:

	Кельвин	°C
Абсолютный нуль	0 К	- 273,15 °C
Точка плавления льда	273,15 К	0 °C
Точка кипения воды	373,15 К	+ 100 °C

На практике сохраняется значение температуры воды, например, 20 °C. Только для разностей температур его следует давать в кельвинах К. В данном случае 1 °C точно соответствует 1 К.

Например: Разность температур оконной рамы снаружи и изнутри составляет 15 К. Обозначение градуса ° не применяется при указании температуры в кельвинах.

Таблица пересчёта дюймов в миллиметры от 1/64" до 12"

по стандарту DIN 4890, лист 2. При: 1 дюйм = 25,400000 миллиметра, см. DIN 4890, лист 1 (округление)

целый дюйм	0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		
	дюйм	мм	дюйм	мм	дюйм	мм	дюйм	мм	дюйм	мм	дюйм	мм	дюйм	мм	дюйм	мм	дюйм	мм	дюйм	мм	дюйм	мм	дюйм	мм	дюйм	мм	
0	0	25,400	50,800	76,200	101,600	127,000	152,400	177,800	203,200	228,600	254,000	279,400	304,800	330,200	355,600	381,000	406,400	431,800	457,200	482,600	508,000	533,400	558,800	584,200	609,600	635,000	660,400
1/64	0,397	25,797	51,197	76,597	101,997	127,397	152,797	178,197	203,597	228,997	254,397	279,797	305,197	330,597	355,997	381,397	406,797	432,197	457,597	482,997	508,397	533,797	559,197	584,597	609,997	635,397	660,797
1/32	0,794	26,194	51,594	76,994	102,394	127,794	153,194	178,594	203,994	229,394	254,794	280,194	305,594	330,994	356,394	381,794	407,194	432,594	457,994	483,394	508,794	534,194	559,594	584,994	610,394	635,794	661,194
3/64	1,191	26,591	51,991	77,391	102,791	128,191	153,591	178,991	204,391	229,791	255,191	280,591	305,991	331,391	356,791	382,191	407,591	432,991	458,391	483,791	509,191	534,591	559,991	585,391	610,791	636,191	661,591
1/16	1,588	26,988	52,388	77,788	103,188	128,588	153,988	179,388	204,788	230,188	255,588	280,988	306,388	331,788	357,188	382,588	407,988	433,388	458,788	484,188	509,588	534,988	560,388	585,788	611,188	636,588	661,988
5/64	1,984	27,384	52,784	78,184	103,584	128,984	154,384	179,784	205,184	230,584	255,984	281,384	306,784	332,184	357,584	382,984	408,384	433,784	459,184	484,584	509,984	535,384	560,784	586,184	611,584	636,984	662,384
3/32	2,381	27,781	53,181	78,581	103,981	129,381	154,781	180,181	205,581	230,981	256,381	281,781	307,181	332,581	357,981	383,381	408,781	434,181	459,581	484,981	510,381	535,781	561,181	586,581	611,981	637,381	662,781
7/64	2,778	28,178	53,578	78,978	104,378	129,778	155,178	180,578	205,978	231,378	256,778	282,178	307,578	332,978	358,378	383,778	409,178	434,578	460,378	485,778	511,178	536,578	561,978	587,378	612,778	638,178	663,578
1/8	3,175	28,575	53,975	79,375	104,775	130,175	155,575	180,975	206,375	231,775	257,175	282,575	307,975	333,375	358,775	384,175	409,575	434,975	460,375	485,775	511,175	536,575	561,975	587,375	612,775	638,175	663,575
9/64	3,572	28,972	54,372	79,772	105,172	130,572	155,972	181,372	206,772	232,172	257,572	282,972	308,372	333,772	359,172	384,572	410,372	435,772	461,172	486,572	511,972	537,372	562,772	588,172	613,572	638,972	664,372
5/32	3,969	29,369	54,769	80,169	105,569	130,969	156,369	181,769	207,169	232,569	257,969	283,369	308,769	334,169	359,569	384,969	410,769	436,169	461,569	486,969	512,369	537,769	563,169	588,569	613,969	639,369	664,769
11/64	4,366	29,766	55,166	80,566	105,966	131,366	156,766	182,166	207,566	232,966	258,366	283,766	309,166	334,566	360,366	385,766	411,166	436,566	461,966	487,366	512,766	538,166	563,566	588,966	614,366	639,766	665,166
3/16	4,763	30,163	55,563	80,963	106,363	131,763	157,163	182,563	207,963	233,363	258,763	284,163	309,563	334,963	360,363	385,763	411,163	436,563	461,963	487,363	512,763	538,163	563,563	588,963	614,363	639,763	665,163
13/64	5,159	30,559	55,959	81,359	106,759	132,159	157,559	182,959	208,359	233,759	259,159	284,559	309,959	335,359	360,759	386,159	411,559	436,959	462,359	487,759	513,159	538,559	563,959	589,359	614,759	640,159	665,559
7/32	5,556	30,956	56,356	81,756	107,156	132,556	157,956	183,356	208,756	234,156	259,556	284,956	310,356	335,756	361,156	386,556	411,956	437,356	462,756	488,156	513,556	538,956	564,356	589,756	615,156	640,556	665,956
15/64	5,953	31,353	56,753	82,153	107,553	132,953	158,353	183,753	209,153	234,553	260,353	285,753	311,153	336,553	361,953	387,353	412,753	438,153	463,553	488,953	514,353	539,753	565,153	590,553	615,953	641,353	666,753
1/4	6,350	31,750	57,150	82,550	107,950	133,350	158,750	184,150	209,550	234,950	260,350	285,750	311,150	336,550	361,950	387,350	412,750	438,150	463,550	488,950	514,350	539,750	565,150	590,550	615,950	641,350	666,750
17/64	6,747	32,147	57,547	82,947	108,347	133,747	159,147	184,547	209,947	235,347	260,747	286,147	311,547	336,947	362,347	387,747	413,147	438,547	463,947	489,347	514,747	540,147	565,547	590,947	616,347	641,747	667,147
9/32	7,144	32,544	57,944	83,344	108,744	134,144	159,544	184,944	210,344	235,744	261,144	286,544	311,944	337,344	362,744	388,144	413,544	438,944	464,344	489,744	515,144	540,544	565,944	591,344	616,744	642,144	667,544
19/64	7,541	32,941	58,341	83,741	109,141	134,541	159,941	185,341	210,741	236,141	261,541	286,941	312,341	337,741	363,141	388,541	413,941	439,341	464,741	490,141	515,541	540,941	566,341	591,741	617,141	642,541	667,941
5/16	7,938	33,338	58,738	84,138	109,538	134,938	160,338	185,738	211,138	236,538	261,938	287,338	312,738	338,138	363,538	388,938	414,338	439,738	465,138	490,538	515,938	541,338	566,738	592,138	617,538	642,938	668,338
21/64	8,334	33,734	59,134	84,534	109,934	135,334	160,734	186,134	211,534	236,934	262,334	287,734	313,134	338,534	363,934	389,334	414,734	440,134	465,534	490,934	516,334	541,734	567,134	592,534	617,934	643,334	668,734
11/32	8,731	34,131	59,531	84,931	110,331	135,731	161,131	186,531	211,931	237,331	262,731	288,131	313,531	338,931	364,331	389,731	415,131	440,531	465,931	491,331	516,731	542,131	567,531	592,931	618,331	643,731	669,131
23/64	9,128	34,528	59,928	85,328	110,728	136,128	161,528	186,928	212,328	237,728	263,128	288,528	313,928	339,328	364,728	390,128	415,528	440,928	466,328	491,728	517,128	542,528	567,928	593,328	618,728	644,128	669,528
3/8	9,525	34,925	60,325	85,725	111,125	136,525	161,925	187,325	212,725	238,125	263,525	288,925	314,325	339,725	365,125	390,525	415,925	441,325	466,725	492,125	517,525	542,925	568,325	593,725	619,125	644,525	669,925
25/64	9,922	35,322	60,722	86,122	111,522	136,922	162,322	187,722	213,122	238,522	263,922	289,322	314,722	340,122	365,522	390,922	416,322	441,722	467,122	492,522	517,922	543,322	568,722	594,122	619,522	644,922	670,322
13/32	10,319	35,719	61,119	86,519	111,919	137,319	162,719	188,119	213,519	238,919	264,319	289,719	315,119	340,519	365,919	391,319	416,719	442,119	467,519	492,919	518,319	543,719	569,119	594,519	619,919	645,319	670,719
27/64	10,716	36,116	61,516	86,916	112,316	137,716	163,116	188,516	213,916	239,316	264,716	290,116	315,516	340,916	366,316	391,716	417,116	442,516	467,916	493,316	518,716	544,116	569,516	594,916	620,316	645,716	671,116
7/16	11,113	36,513	61,913	87,313	112,713	138,113	163,513	188,913	214,313	239,713	265,113	290,513	315,913	341,313	366,713	392,113	417,513	442,913	468,313	493,713	519,113	544,513	569,913	595,313	620,713	646,113	671,513
29/64	11,509	36,909	62,309	87,709	113,109	138,509	163,909	189,309	214,709	240,109	265,509	290,909	316,309	341,709	367,109	392,509	417,909	443,309	468,709	494,109	519,509	544,909	570,309	595,709	621,109	646,509	671,909
15/32	11,906	37,306	62,706	88,106	113,506	138,906	164,																				

Сравнительные таблицы твёрдости по Виккерсу, Бринеллю, Роквеллу и прочности при растяжении¹⁾ **Информация**

Твёрдость по Виккерсу HV 10	Твёрдость ²⁾ по Бринеллю HB 30	Твёрдость ³⁾ по Роквеллу		Прочность при растяжении σв Н/мм ²	Твёрдость по Виккерсу HV 30	Твёрдость ²⁾ по Бринеллю HB 30	Твёрдость ³⁾ по Роквеллу		Прочность при растяжении σв Н/мм ²
		HRB	HRC				HRB	HRC	
85	81	41,0	–	270	364	346	–	37,1	1170
91	87	49,0	–	290	373	355	–	38,1	1200
97	92	53,4	–	310	383	364	–	39,1	1230
100	95	56,2	–	320	391	372	–	39,9	1260
107	101	60,2	–	340	400	380	–	40,8	1290
113	107	63,4	–	360	410	390	–	41,8	1320
118	112	66,0	–	380	420	399	–	42,7	1350
121	116	67,4	–	390	429	408	–	43,4	1380
128	122	70,4	–	410	437	415	–	44,2	1410
132	125	71,8	–	420	443	421	–	44,7	1430
138	131	74,1	–	440	452	430	–	45,4	1460
143	136	76,2	–	460	455	–	–	45,7	1470
147	140	77,5	–	470	464	–	–	46,4	1500
153	146	79,7	–	490	473	–	–	47,1	1530
157	149	80,7	–	500	481	–	–	47,8	1560
163	154	82,5	–	520	489	–	–	48,3	1590
168	160	84,5	–	540	500	–	–	49,1	1630
172	163	85,4	–	550	509	–	–	49,7	1660
178	169	86,8	–	570	520	–	–	50,5	1700
184	175	88,0	–	590	528	–	–	51,0	1730
187	178	88,7	–	600	536	–	–	51,4	1760
193	184	90,2	–	620	547	–	–	52,1	1800
200	190	91,5	–	640	556	–	–	52,7	1830
205	195	92,5	–	660	567	–	–	53,4	1870
208	198	93,2	–	670	575	–	–	53,9	1900
212	201	93,7	–	680	586	–	–	54,4	1940
222	211	95,4	–	710	596	–	–	55,0	1980
225	214	96,0	–	720	607	–	–	55,6	2020
228	217	96,4	–	730	615	–	–	56,0	2050
233	222	97,2	–	750	629	–	–	56,7	2100
236	225	–	19,2	760	639	–	–	57,2	2140
243	231	–	21,0	780	650	–	–	57,8	2180
250	238	–	22,2	800	670	–	–	58,0	–
255	242	–	23,1	820	680	–	–	58,5	–
258	245	–	23,7	830	690	–	–	59,0	–
265	252	–	24,8	850	700	–	–	59,5	–
272	258	–	25,8	870	720	–	–	60,4	–
275	261	–	26,4	880	740	–	–	61,2	–
280	266	–	27,1	900	760	–	–	62,0	–
287	273	–	28,0	920	780	–	–	62,8	–
293	278	–	28,8	940	800	–	–	63,6	–
295	280	–	29,7	950	820	–	–	64,3	–
302	287	–	30,0	970	840	–	–	65,0	–
308	293	–	30,8	990	860	–	–	65,7	–
314	299	–	31,5	1010	880	–	–	66,3	–
323	307	–	32,5	1040	900	–	–	66,9	–
336	319	–	33,9	1080	920	–	–	67,5	–
345	328	–	34,9	1110	940	–	–	68,0	–
355	338	–	36,0	1140					

1) Все значения твёрдости, рассчитанные по разным методикам для разных обрабатываемых материалов, являются условно сопоставимыми; согласно DIN50150.

2) Рассчитано по: HD = 0,95×HV.

3) Значения твёрдости по Роквеллу, указанные с точностью до десятой, служат только для интерполяции и в окончательном результате

Составлено при сотрудничестве с Институтом Фраунхофера IWU

Институт технологии обработки давлением и резанием Фраунхофера

- Основан в 1991 году
- Основные области исследований:
 - технология обработки давлением
 - станки
 - технология обработки резанием
 - механотроника/адаптроника





Дрезден
Хемниц

Фраунхофер
IWU
Институт технологии обработки давлением и резанием

Институт станкостроения и технологии обработки давлением Фраунхофера IWU – это учреждение, в котором исследования и разработки выполняются при тесном сотрудничестве представителей производства, науки и государства.

Разработки современных комплексных производственных линий для обработки давлением свидетельствуют о нашем успешном продвижении на ведущие позиции в области профессионального оборудования. Спектр научно-исследовательских разработок охватывает технологии и оборудование как для обработки металлов резанием, так и для пластического деформирования.

Традиционные промышленные технологии всё чаще наталкиваются на технологические, экологические и чисто экономические ограничения. Большие усилия сосредоточены на сокращении времени на разработку и изготовление изделий за счёт применения эффективных технологий и оборудования и на создание альтернативных методов изготовления мелких партий изделий.

Последние достижения в области обработки резанием характеризуются стремлением повысить производительность и гибкость, качество и стабильность процессов, а также экологичность производства. Целенаправленное усовершенствование технологий, инструментов и оборудования возможно только при условии изучения и правильного понимания технологического процесса.

Наряду с разработкой методов, направленных на сокращение основного технологического времени, большое внимание сотрудники института уделяют созданию условий для эффективного применения современных технологий: высокоскоростной и высокопроизводительной обработки резанием, твёрдой, сухой и 5-координатной фрезерной обработки, а также гибридных технологий.

В настоящее время Институт Фраунхофера является ведущим немецким научно-исследовательским учреждением в данной области. В нём работают почти 160 высококвалифицированных сотрудников и имеется производственно-техническая лаборатория площадью 3500 м².

Институт Фраунхофера предлагает следующие услуги:

- оптимизация и разработка станков и производственных установок включая технологии, инструменты и блоки управления,
- сопровождение при внедрении новых технологий и изделий,
- проведение семинаров и тренингов,
- составление технико-экономических обоснований,
- создание прототипов,
- сопровождение при проведении измерений.



Производственно-техническая лаборатория в IWU

Институт разрабатывает технические и организационные решения для мелких, средних и крупных производственных и обслуживающих предприятий, работающих в автомобильной и смежных с ней отраслях. Кроме того по заказу федерального и земельных правительств в Институте проводятся стратегические научно-исследовательские разработки в области ключевых инновационных технологий, имеющих большое общественное значение. Институт принимает участие в соответствующих технологических программах Европейского Сообщества.

Организационная структура и техническое оснащение института позволяют ему проводить крупномасштабные комплексные исследования и разработки. Под одной крышей объединяются научные изыскания и разработки, обеспечение качества, консультирование и обучение.

В ближайшие годы основное внимание будет по-прежнему уделяться оптимизации существующих технологических процессов и систем, а также разработке и реализации совершенно новых методов производства.

www.iwu.fraunhofer.de