

Размеры

Из-за высоких коэффициентов термического расширения, контроль размеров имеет смысл проводить только при достижении комнатной температуры. Допустимые отклонения размеров деталей из полимеров выше, чем у деталей из металлов. Так же нужно учитывать более сильное изменение размеров в зависимости от температуры.

Высокоточные детали следует производить из материалов с низким внутренним напряжением (см. „Термическая обработка“). Заготовки следует перед обработкой отжигать. Так же можно произвести предварительную обработку, и только через 24 часа приступить к конечной обработке. Нужно учитывать, что после отжига или 24 - часового хранения предварительно обработанной заготовки, её размеры могут слегка уменьшиться. Поэтому заготовку нужно брать несколько больших размеров.

Закрепление

Что-бы избежать деформаций при закреплении заготовки необходимо учитывать низкий модуль упругости при изгибе материалов ZEDEX®. Так же следует избегать длительного нахождения заготовки в закреплённом состоянии, что может привести к изменениям размеров. Заготовки могут закрепляться при помощи систем вакуумного закрепления или с помощью двухсторонней клейкой ленты.



Вакуумное закрепление

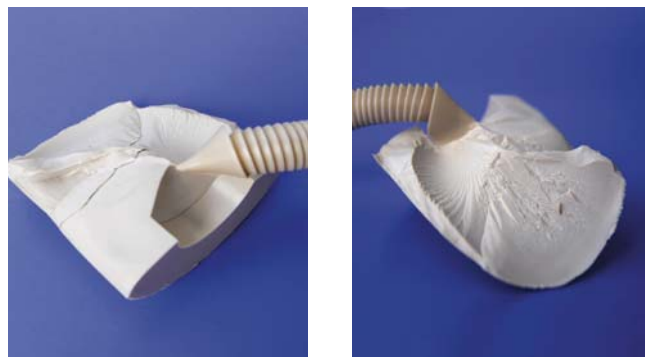
Ошибки

Внутреннее напряжение и неудовлетворительная дальнейшая обработка могут привести к появлению трещин или изменению размеров изделия. Причиной этого могут быть следующие ошибки:

- применение затупленных инструментов, что приводит к дополнительным нагрузкам при обработке
- изготовление изделий с острыми кантами или с резким изменением диаметра приводит к концентрации напряжений на небольших участках
- чрезмерное снятие внутренних напряжений приводит к нарушению равновесия напряжений и последующему разрушению детали.

Устранение напряжений

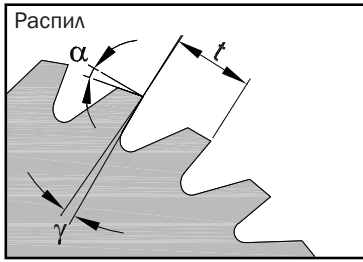
Некоторые полимеры ZEDEX® рекомендуется перед обработкой нагреть, и обрабатывать в разогретом



Заготовка, треснувшая из-за большого размера срезаемой стружки

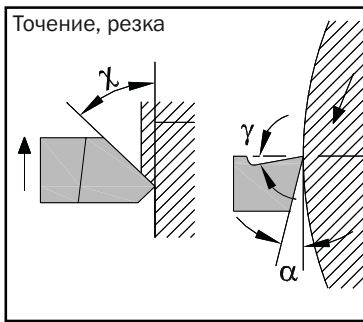
состоянии. Соответствующие указания Вы найдёте в таблице 3 на следующей странице.

Обработка резанием

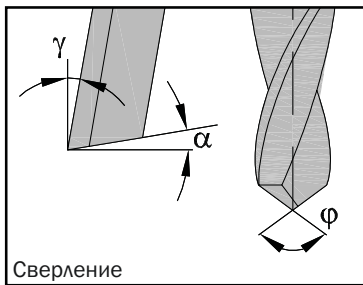


		ZX-100K	ZX-100EL63	ZX-100MT	ZX-324	ZX-324V1T	ZX-324V2T	ZX-324V11T	ZX-324VMT	ZX-410	ZX-410V7T	ZX-530	ZX-530CD3	ZX-530EL3	ZX-530KF15	ZX-550	ZX-550PV	ZX-750V5T	ZX-750V5KF
α	min.	15	20	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	20	20	5	5
	max.	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	10	10
γ	min.	5	2	5	0	0	0	0	10	0	10	0	0	0	0	5	5	0	0
	max.	8	5	8	5	5	5	5	15	4	15	5	5	5	5	8	8	3	3
V	min.	300	500	300	500	500	500	500	200	500	300	500	500	500	500	300	300	800	800
	max.				800	800	800	800	300			800	800	800	800			900	900
t	min.	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	2	2	10	10
	max.	8	8	8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	14	14

Температура обработки [°C]	>Ø 60mm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	>Ø 80mm	-	-	50	100	100	100	120	-	-	100	50	50	-	100	-	-	100	150	-
	>Ø 120mm	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

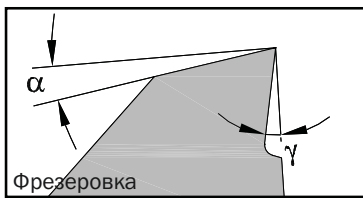


α	min.	5	6	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	10	10	2	2
	max.	10	10	10	8	8	8	8	8	6	8	8	8	8	8	10	10	5	5
γ	min.	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	5	5	0	0
	max.	5	5	5	5	5	5	5	8	0	8	5	5	5	5	8	8	5	5
χ	min.	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	10	10	7	7
	max.	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	150	250	10	10
V	min.	300	250	300	250	250	250	250	150	350	150	250	350	350	350	150	250	100	100
	max.	400	500	400	500	500	500	500	200	400	200	500	40	40	40	500	500	120	120
S	min.	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,21	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
	max.	0,4	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	0,3	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,08	0,08



α	min.	5	5	5	5	5	5	5	6	3	6	5	5	5	5	10	10	5	5
	max.	10	15	10	10	10	10	10	6	10	6	10	10	10	10	16	16	10	10
γ	min.	10	10	10	10	10	10	10	5	10	5	10	10	10	10	5	6	5	5
	max.	20	20	20	30	30	30	30	10	20	10	30	30	30	30	20	20	10	10
φ	min.	90	90	90	90	90	90	90	120	90	120	90	90	90	90	130	130	120	120
	max.	100	150	100	200	200	200	200	100	80	100	200	20	20	20	200	200	100	100
S	min.	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,02	0,02
	max.	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,1	0,1

Температура обработки [°C]	>Ø 60mm	-	-	80	-	-	-	120	120	-	100	100	100	-	100	-	-	-	150
	>Ø 80mm	80	-	120	120	120	-	-	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-	150



α	min.	5	10	5	5	5	5	5	15	2	15	5	5	5	5	5	5	2	2
	max.	15	20	15	15	15	15	15	30	10	30	15	15	15	15	15	15	5	5
γ	max.	5	5	5	6	6	6	6	6	1	6	6	6	6	6	5	5	0	0
	max.	15	15	15	10	10	10	10	10	5	10	10	10	10	10	15	15	5	5
V	min.	250	250	250	250	250	250	250	80	250	80	250	250	250	250	250	250	90	90
	max.	500	500	500	500	500	500	500	100	500	500	500	500	500	500	500	500	100	100

Инструменты: волфрамкарбид, алмаз, керамика.				X							X							X	X
Не применять растворимые в воде охладители*										X	X								

* Если применение жидких охладителей нельзя избежать - после обработки детали промыть в изопропанол и прополоскать в воде

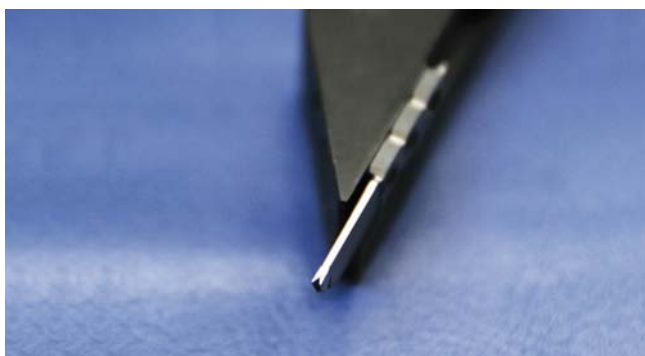
α [°] угол допуска	χ [°] установочный угол	t [mm] шаг зуба	V [m/min] скорость резания
γ [°] передний угол	φ [°] угол заточки	S [mm ⁻¹] подача	

Таблица 3: Указания по резке

Станки

При обработке материалов ZEDEX® нет необходимости в применении слишком большой силы. Поэтому для обработки изделий из материалов ZEDEX® достаточно станков с менее большими мощностями, чем для обработки таких же изделий из металла. Для обработки полимеров ZEDEX® могут применяться те же станки, что и для обработки лёгких металлов или для обработки древесины. Такие станки обеспечивают большие рабочие скорости при меньшей подаче. При обработке полимеров это необходимо для того, что-бы понизить вероятность лопания и перегрева заготовки.

Инструменты



Инструмент для обработки тонкостенных деталей

Общим правилом для всех инструментов применяемых при обработке полимеров является то, что они должны быть очень острыми и гладкими, с большим передним углом резца. Работа с инструментами не соответствующими этим правилам приводит к неправильному срезанию и плавлению стружки.

Для обработки материалов ZEDEX® инструменты из инструментальной стали не подходят. Для небольшого производства возможно применение инструментов из HSS (быстрорежущая сталь).

Для производства большого количества изделий рекомендуется применение инструментов из НМ (твердосплавная сталь). Серийное производство деталей с маленькими допусками требует применения инструментов с алмазным покрытием.

Армированные материалы ZEDEX® должны в любом случае обрабатываться инструментами с алмазным покрытием.

Контрольные значения для выбора инструментов:

- SS класс EV 4,
- EV 4 Co,
- E Mo 5 V3
- НМ сорта от К 10 до К 40



Инструменты для фрезерования

Инструменты которыми обрабатывали металлы должны быть обязательно ещё раз заточены перед обработкой материалов ZEDEX®.

Охлаждение

Сильный перегрев материала ZEDEX® во время обработки может привести к расплавлению материала, к горению материала, к перекаливанию рабочего инструмента. Поэтому необходимо, что-бы во время обработки, было как можно больше тепла отведено от обрабатываемой детали. Лучшим теплоотводом является стружка обрабатываемой детали. Дополнительно можно охлаждать струёй воздуха под давлением, которая одновременно очищала-бы область обработки от стружки. Хорошее качество поверхности может быть достигнуто при применении охлаждающих эмульсий.

Распил

При распиливании ленточной пилой скорость пиления должна быть между 8 и 25 м/с. При более низких скоростях срез получается не чистым. Применяются должны полотна из металла или диски с зубьями из твердосплавной стали. Полотна и диски должны иметь достаточно большой развод зубьев. Чистые поверхности среза получаются если распиливание проводится достаточно быстро.



Полотно пилы

Что-бы избежать трещин, при распиливании некоторых полимеров ZEDEX®, необходимо перед обработкой нагреть заготовку (см. таблицу 3). Мы рекомендуем пилу с шагом зуба от 4 до 6 мм.

Шлифование

Практически все материалы ZEDEX® разрешается шлифовать и полировать. Однако нужно следить, что-бы температура обрабатываемой поверхности не нагревалась слишком сильно. Для шлифования используются стандартные шлифовальные ленты и круги, по возможности крупной зернистости. Что-бы во время шлифования шлифовальным кругом поры не забивались мелкими частями материала, необходимо применение охлаждающих жидкостей. Шлифовальный круг так-же должен быть крупной зернистости.

Сверление

Для сверления материалов из ZEDEX® применяются HSS-свёрла DIN 1412, используемые в металлообработке. Что-бы избежать перегрева, трескания, лопания при глубоком сверлении, требуется охлаждение и регулярное удаление стружки воздухом.

Для сверления отверстий диаметром более 30 мм применяются чашечные или глухие свёрла. Применение свёрл с коронками допускается только при обработке тонких пластин.

При сверлении больших отверстий рекомендуется предварительно просверлить отверстие меньшего диаметра (10-20 мм). Глубокое сверление допускается только после предварительного нагрева заготовки. Температуры и время нагревания Вы найдёте в таблице 4.

Глубокое сверление с диаметром отверстия более 50 мм лучше всего производить с оборудованием и инструментами фирмы RASMUC.

Отверстия с высокой точностью размеров лучше всего проводить в два этапа - предварительное сверление и после охлаждения сверление отверстия требуемого размера.



HSS сверло

Точение



Стружка при точении

При токарной обработке материалов ZEDEX® необходима высокая подача. Для получения поверхности очень хорошего качества лучше работать широким резцом. Требуемый контур детали и качество поверхности должны быть сделаны за один раз.

Внутреннее точение производится стандартными, предусмотренными для этого инструментами.

При этом необходимо регулярно удалять стружку.

Для получения поверхности высокого качества при внутреннем точении желательно применение сверла с углом наклона винтовой линии 15°.

При нарезании тонкостенных частей применяются как нож заточенные инструменты. В результате обработки материалов из ZEDEX® полученную стружку лучше всего собирать индустриальным пылесосом. При большой длине обрабатываемой заготовке требуется применение люнетов.



Удаление стружки

Фрезерование

Для избежания перегрева заготовки при фрезировании нужно выбрать как можно большую ширину стружки. Это достигается большой подачей, большой глубиной и скоростью резания. При обработке материалов ZEDEX® фрезерованием качество поверхности зависит от режущей кромки фрезы, подачи и геометрии резки. При использовании фрезы с одной режущей кромкой достигаются высокое качество поверхности и высокая скорость обработки. При фрезеровании фрезами с несколькими режущими кромками, стружка может заклинивать в последующих кромках. Чем больше режущих кромок, тем больше вероятность заклинивания. Фрезерованием также изготавливаются зубчатые колёса высокого качества и точности, которые нельзя достичь при литье.

Опиливание, стачивание, соскабливание

Для стачивания хорошо подходят крупно насеченный напильник или рашпиль по дереву. Так же для этих целей очень хорошо подходят напильники с двойной насечкой. В таких напильниках точки пересечений насечек разламывают образующуюся стружку в процессе опиления, и обрабатываемая поверхность получается чище. Так же очищать от стружки такой напильник гораздо легче.

Что-бы обработанную напильником или рашпилем поверхность сделать более гладкой, используется острый строгальный (фуговальный) нож. Этим же инструментом можно обработать канты заготовки. Для подготовки сварочных стыков применяются различные скребки. Скребок, применяемый для заглаживания сварочных швов, должен иметь радиус не менее двух миллиметров, что-бы шов получался закруглённым. Благодаря этому можно избежать возникновения не нужной концентрации напряжений.

Развёртывание

Высокая точность размеров отверстия достигается при помощи развёрток по DIN 206, DIN 212, DIN 219. При выборе развёртки нужно учитывать эластичность полимерных материалов и брать развёртку радиусом минимум на 0,1 мм больше, чем отверстие. В противном случае будет происходить не срезание, а продавливание/деформация материала. Через некоторое время материал примет исходный размер.

Строгание



Строгальный станок

Для обработки строганием материалов из полимеров ZEDEX® подходит практически любое соответствующее оборудование применяемое в деревообрабатывающем и металлообрабатывающем производстве.

Нарезание резьбы

Отверстия для резьбы размеров до M8 должны быть примерно на 0,1 мм больше, чем отверстия для резьбы в металле, а отверстия для резьбы размеров от M10 должны быть примерно на 0,2 мм больше. Для нарезания резьбы применяются



Нарезание резьбы

привычные для металлообработки инструменты. Для усиления резьбы гайки могут применяться металлические вставки.

Наружная резьба должна иметь по возможности идеально гладкую поверхность. Поэтому рекомендуется производить последний этап обработки с помощью резца на токарном станке.

Рифление

Материалы ZEDEX® подходят как для накатывания прямых, так и для накатывания угловых рефлений. При этом могут использоваться одинарные и двойные ролики для накатывания рефлений.

Штамповка

Штамповка допускается для деталей толщиной не более 1,5 мм. Желателен предварительный нагрев детали.

Удаление грата

Удаления грата осуществляется специальными ножами или с помощью азота.



Удаление грата

При большом количестве обрабатываемых изделий можно использовать галтовочные барабаны.

Допуск для деталей изготавливаемых резанием

Такие особенности полимеров, как в 10 раз большее чем у металлов термическое расширение, меньшая жёсткость, способность поглощения влаги, анизотропия, релаксация напряжения, последующая усадка, ведут к более большим допускам при изготовлении изделий из них. Обычно применяется ряд допусков по системе ISA от 9 до 12. Допуски 7 и 8 применяются в особых случаях.

Износоустойчивые полимеры ZEDEX® поделены на 4 класса допусков (Таб. 9).

Общие допуски для не указанных размеров

В машиностроении применяются классы допусков выделенные более тёмным цветом в таблице 4. В особых случаях возможно изготовление с более низкими допусками. В этом случае мы рекомендуем предварительно проконсультироваться у нас.

Радиус округлости и высота фасок			
Класс допуска	Ном. размер [мм]		
	0,5 до 3	от 3 до 6	от 6
f (точный)	± 0,2	± 0,5	± 1,0
m (средний)	± 0,2	± 0,5	± 1,0
s (грубый)	± 0,4	± 1,0	± 2,0
v (очень грубый)	± 0,4	± 1,0	± 2,0

Границы размеров угла					
Класс допуска	Ном. размер короткого бедра [мм]				
	до 10	от 10 до 50	от 50 до 120	от 120 до 400	от 400
f (точный)	± 1°	± 30'	± 20'	± 10'	± 5'
m (средний)	± 1°	± 30'	± 20'	± 10'	± 5'
s (грубый)	± 1° 30'	± 1°	± 30'	± 15'	± 10'
v (очень грубый)	± 3°	± 2°	± 1°	± 30'	± 20'

Общие допуски для прямоты и ровности						
Класс допуска	Ном. размер [мм]					
	до 10	от 10 до 30	от 30 до 100	от 100 до 300	от 300 до 1000	от 1000 до 3000
H	0,02	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4
K	0,05	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8
L	0,1	0,2	0,4	0,8	1,2	1,6

Границы размеров длины								
Класс допуска	Ном. размер [мм]							
	0,5 до 3	от 3 до 6	от 6 до 30	от 30 до 120	от 120 до 400	от 400 до 1000	от 1000 до 2000	от 2000 до 4000
f (точный)	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3	± 0,5	-
m (средний)	± 0,1	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2,0
s (грубый)	± 0,15	± 0,2	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2,0	± 3,0	± 4,0
v (очень грубый)	-	± 0,5	± 1,0	± 1,5	± 2,5	± 4,0	± 6,0	± 8,0

Таблица 4. Допуски при изготовлении

Допуск при токарной и фрезеровочной обработке

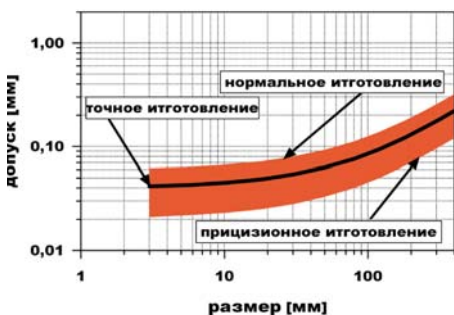
Изготовление можно поделить на три вида - нормальное, точное и прецизионное изготовление.

При нормальном изготовлении получаемое качество изделий достаточно для большинства случаев. Точное изготовление увеличивает размер затрат на 200%.

Прецизионное изготовление используется только в особых случаях. Оно увеличивает размер затрат на 800%.

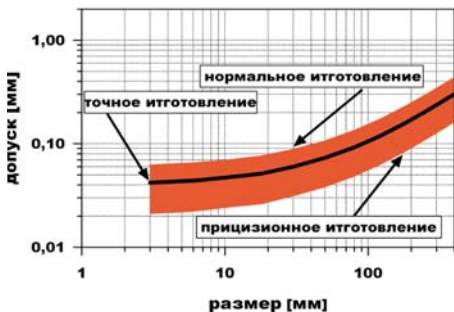
Как правило необходимости в прецизионном изготовлении нет. При прецизионном изготовлении необходима многоразовая термическая обработка материала, полностью климатизированные цеха, опытные рабочие.

Фрезерование



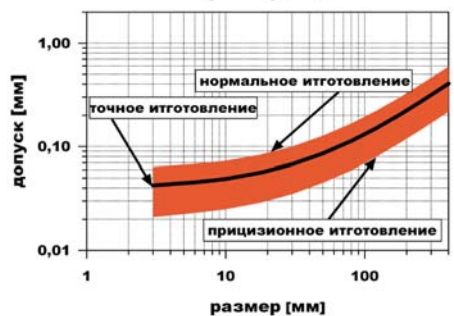
Категория допуска
A

ZX-324VMT
ZX-410V7T



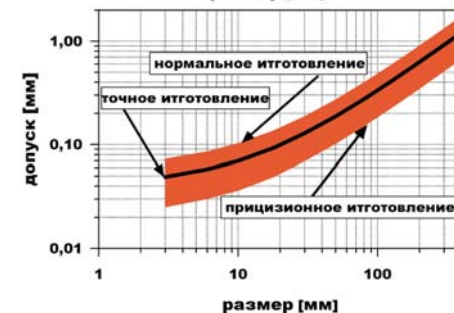
B

ZX-100MT
ZX-324
ZX-324V1T
ZX-324V2T
ZX-324V11T
ZX-410
ZX-530CD3
ZX-530KF15
ZX-750V5T
ZX-750V5KF



C

ZX-100K
ZX-530



D

ZX-100EL55/63
ZX-550
ZX-550PV

Точение

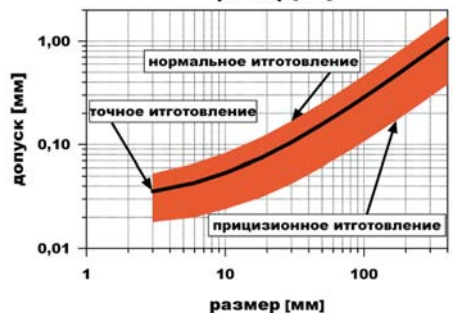
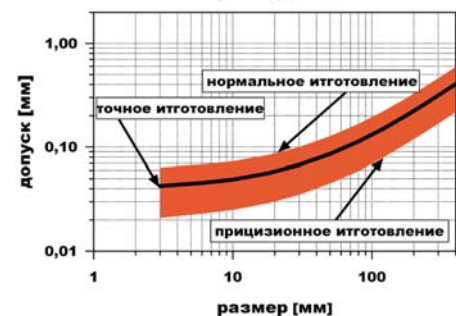
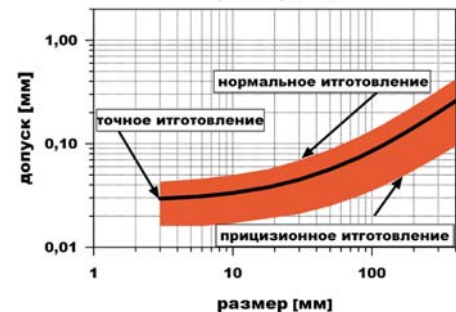
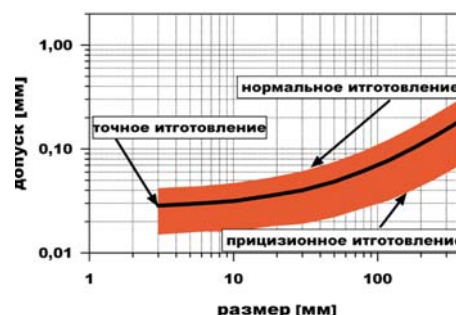


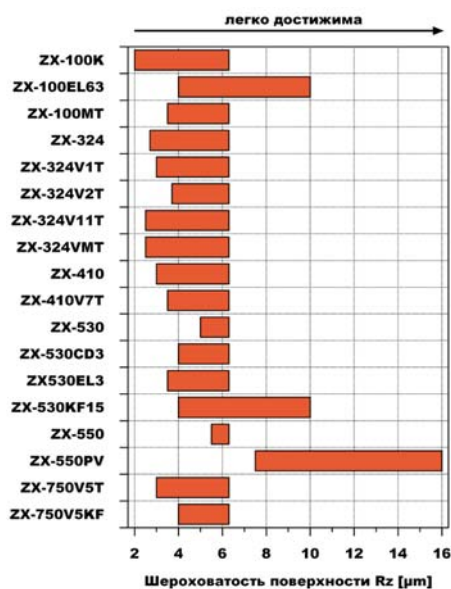
Рисунок 5: Категории допусков

Достижимая шероховатость поверхности

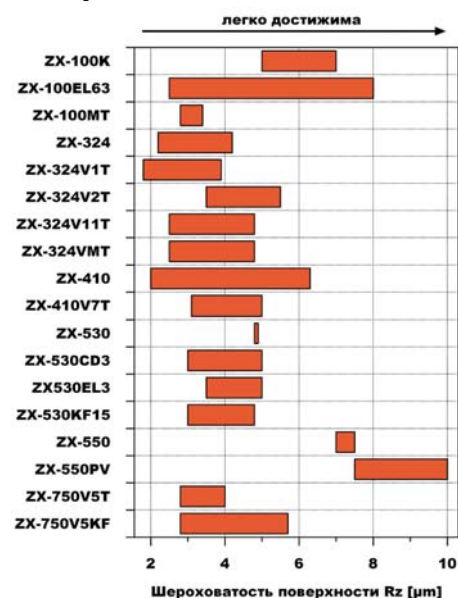
Достижимая шероховатость поверхности зависит от обработки, а также от качества материала. В рис. 6 достижимые шероховатости поверхности представлены в зависимости от процесса обработки и материала. Получаемая без особых трудностей и издержек средняя шероховатость поверхности как правило достаточна для машиностроительных технических деталей. С точки зрения трибологии шероховатость поверхности металлических частей имеет существенно

более высокое значение и поэтому должна быть более гладкой. Если предусмотрено смазывание, то шероховатость поверхности пластмассовых частей практически не имеет значения. Если требуется сокращение трения и износа, то направление обработки обоих трущихся деталей должно производиться в направлении скольжения. Шероховатость поверхности от $Rz\ 10\ \mu\text{m}$ достаточна для большинства случаев применения, $Rz\ 6,3\ \mu\text{m}$ - для высококачественных поверхностей. ■

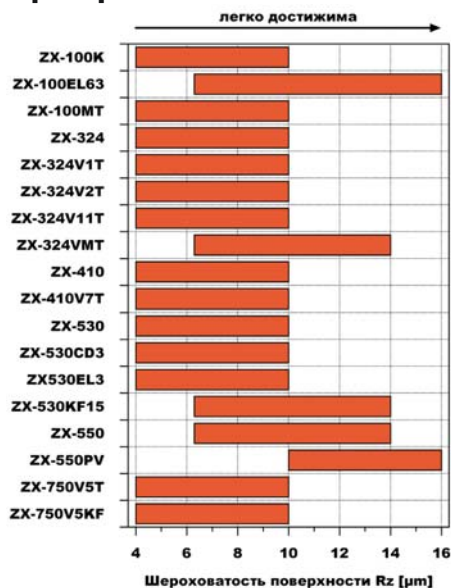
Точение



Полирование



Фрезерование



Строгание / Распил

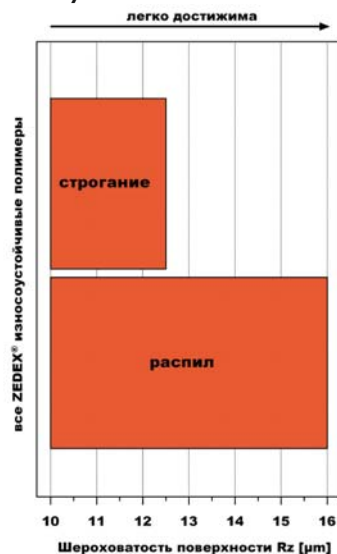


Рисунок 6: Шероховатость поверхности