

Рекомендації по механічній обробці полімерів Zedex виробництва Wolf Kunststoff-Gleitlager GmbH (ФРН)

Визначення розмірів

Термопласти Zedex мають високі значення коефіцієнта термічного розширення, тому контроль розмірів необхідно проводити тільки при кімнатній температурі оброблюваного матеріалу.

Коефіцієнт лінійного теплового розширення

Матеріал Zedex	до 100°C, $\alpha \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$	до 150°C, $\alpha \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$
ZX-100K	8	12
ZX-100EL63	14	16,3
ZX-324	5,1	5,9
ZX-410	4,0	5,8
Сталь 0,8кп	1,25	
Алюміній	2,24	

Через пружні властивості допустимі відхилення розмірів деталей з полімерів вище, ніж у деталей з металів. Але для розрахунку допусків і посадок потрібно враховувати більшу зміну розмірів в залежності від температури.

Високоточні деталі слід виробляти з матеріалів з низьким внутрішнім напруженням. Заготовки необхідно відпалювати перед обробкою. Так само можна зробити попередню обробку і тільки через 24 години приступити до кінцевої обробки. Після відпалу або 24-х годинного зберігання попередньо обробленої заготовки, її розміри можуть зменшитися, тому заготовку потрібно брати більших розмірів.

Закріплення заготовки

Матеріали ZEDEX мають низький модуль пружності при вигині тому при закріпленні заготовки треба уникати деформації і тривалого положення заготовки в закріпленому стані, так як це може привести до змін розмірів. Заготовки можуть закріплюватися за допомогою вакуумних систем або з допомогою двосторонньої клейкої стрічки.

Внутрішня напруга і неякісна механічна обробка можуть привести до виникнення тріщин або зміни розмірів виробу. Деякі полімери ZEDEX рекомендується перед обробкою нагріти і обробляти в розігрітому стані.

Обробка полімерів Zedex не вимагає занадто великих зусиль. Вироби з Zedex обробляються на верстатах з меншими потужностями, ніж для обробки металевих матеріалів. Для виробництва деталей із пластиків ZEDEX можуть застосовуватися верстати обробки легких металів або деревини. Такі верстати забезпечують великі робочі швидкості при меншій подачі, що перешкоджає руйнуванню і перегріву полімерної заготовки.

Інструменти

Загальним правилом для всіх інструментів при обробці полімерів є те, що вони повинні бути дуже гострими і гладкими, з великим переднім кутом різця. Робота з інструментами, що не відповідають цим правилам призводить до неправильного зрізання і плавлення стружки.

Для обробки матеріалів ZEDEX інструменти з інструментальної сталі не підходять. Для невеликого виробництва можливе застосування інструментів з HSS (швидкорізальна сталь).

Для виробництва великої кількості виробів рекомендується застосування інструментів із НМ (твердосплавна сталь). Серійне виробництво деталей з маленькими допусками вимагає застосування інструментів з алмазним покриттям.

Армовані матеріали ZEDEX обов'язково обробляються інструментами з алмазним покриттям.

Інструменти, які використовували для обробки металів, повинні бути обов'язково заточені перед обробкою матеріалів ZEDEX.

Контрольні значення для вибору інструментів:

- SS клас EV4;
- EV4 Co;
- E Mo 5 V3;
- НМ сорта від K10 до K40.

Охолодження

Сильний перегрів матеріалу ZEDEX під час обробки може призвести до розплавлення або горіння матеріалу, до перегартовуванню робочого інструмента. Тому необхідно при обробці забезпечити максимально можливий тепловідвід від оброблюваної деталі. Кращим теплоотводом є стружка оброблюваної деталі. Додатково можна охолоджувати струменем повітря під тиском, яка одночасно очищала б область обробки від стружки. Хороша якість поверхні може бути досягнута при застосуванні охолоджувальних емульсій.

Розпил

При розпилюванні стрічковою пилкою швидкість пиляння повинна бути між 8 і 25 м/с. При більш низьких швидкостях зріз виходить не чистим.

Застосовуватися повинні полотна з металу або диски з зубами з твердосплавних сталей. Полотна і диски повинні мати достатньо велику розводку зубів. Чисті поверхні зрізу виходять, якщо розпилювання проводиться досить швидко. Чисті поверхні зрізу виходять, якщо розпилювання проводиться досить швидко.

Щоб уникнути тріщин, при розпилюванні деяких антифрикційних матеріалів ZEDEX, необхідно перед обробкою нагріти заготовку. Рекомендуються пила з кроком зуба від 4 до 6 мм.

Шлифування

Всі матеріали Zedex можна шліфувати і полірувати, при цьому важливо контролювати температуру оброблюваної поверхні і не допускати сильного нагріву. Для шліфування використовуються стандартні шліфувальні стрічки і круги, по можливості великої зернистості.

Щоб запобігти забиванню пор на крузі дрібними частинами матеріалу, необхідно використовувати охолоджуючі рідини. Потрібно застосовувати шліфувальний круг великої зернистості.

Свердління

Для свердління термополімерів сімейства ZEDEX застосовуються HSS-свердла DIN 1412, які використовуються в металообробці. Необхідні охолодження і регулярне видалення стружки повітрям, що перешкоджає перегріву, появи тріщин, розриву деталей

Для свердління отворів діаметром більше 30 мм застосовуються чашкові або глухі свердла. Застосування свердел з коронками допускається тільки при обробці тонких пластин.

При свердлінні великих отворів рекомендується попередньо просвердлити отвір меншого діаметру (10-20 мм). Глибоке свердління допускається тільки після попереднього нагрівання заготовки.

Отвори з високою точністю розмірів найкраще проводити в два етапи - попереднє свердління і ,після охолодження, свердління отворів необхідного розміру.

Точіння

При токарній обробці антифрикційних матеріалів ZEDEX використовують високу подачу. Для отримання якісної поверхні для роботи переважно вибирають широкий різець. Необхідний контур деталі і якість поверхні повинні бути зроблені за один раз. Внутрішнє точіння проводиться стандартними інструментами. При цьому необхідно регулярно видаляти стружку. Для створення поверхні високої якості при внутрішньому точінні бажано застосування свердла з кутом нахилу гвинтової лінії 15°. Для нарізування тонкостінних деталей в якості ножа використовують заточені інструменти. Стружку найкраще збирати індустриальним пилососом. Для обробці довгої заготовки необхідно застосування люнетів.

Різання

Листи з полімерів ZEDEX можуть бути порізані за допомогою гільйотини.

Фрезерування

Для уникнення перегріву заготовки при фрезеруванні потрібно вибрати якомога більшу ширину стружки. Це досягається великою подачею, великою глибиною і швидкістю різання. При обробці матеріалів ZEDEX фрезеруванням якість поверхні залежить від ріжучої кромки фрези, подачі і геометрії різання. При використанні фрези з однієї ріжучої кромкою можна отримати високу якість поверхні і високу швидкість обробки. При фрезеруванні фрезами з декількома ріжучими кромками, стружка може заклинювати в наступних кромках. Чим більше різальних кромок, тим більша ймовірність заклинювання. Фрезеруванням виготовляються зубчасті колеса високої якості і точності, які неможливо досягти при литті.

Обпилювання, сточування, зіскоблювання

Для сточування добре підходять крупно насеченою напилком, рашпіль по дереву або напилки з подвійною насічкою. У таких напилків точки перетинів насічок розламують стружку, яка утворюється в процесі обпилювання, і оброблювана поверхня виходить чистіше і очищати від стружки такий напилком набагато легше.

Щоб оброблену напилком або рашпілем поверхню зробити більш гладкою, використовується гострий стругальний (фугувальний) ніж. Цим же інструментом можна обробити канти заготовки. Для підготовки зварювальних стиків застосовуються різні скребки. Скребок, застосовуваний для загладжування зварювальних швів, повинен мати радіус не менше 2 мм для отримання закругленого шва, що буде перешкоджати виникненню небажаної концентрації напружень.

Розгортання

Висока точність розмірів отвору досягається за допомогою розгортки по DIN206, DIN212, DIN 219. Через еластичність полімерних матеріалів необхідно застосовувати розгортку з радіусом мінімум на 0,1 мм більше, ніж отвір. В іншому випадку буде відбуватися не зрізання, а продавлювання і деформація матеріалу.

Стругання

Для обробки струганням матеріалів з полімерів ZEDEX підходить практично будь-яке відповідне обладнання, яке використовується в дерево- і металообробці.

Нарізання різі

Отвори для різі розмірів до М8 повинні бути приблизно на 0,1 мм більше, ніж отвори для різі в металі, а отвори для різі розмірів від М10 повинні бути більше приблизно на 0,2 мм. Для нарізування різьблення застосовуються стандартні металообробні інструменти. Для посилення різьблення на гайках можуть застосовуватися металеві вставки.

Для нарізання зовнішньої різьби необхідно забезпечити якомога більш гладку поверхню. Рекомендується робити останній етап обробки різцем на токарному верстаті.

Рифлення

Матеріали ZEDEX підходять як для накочування прямих, так і для накочування кутових рифлень. Можуть застосовуватися одинарні та подвійні ролики для накочування рифлень.

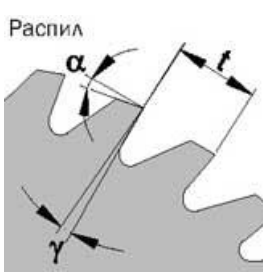
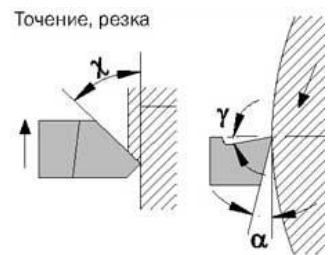
Штампуння

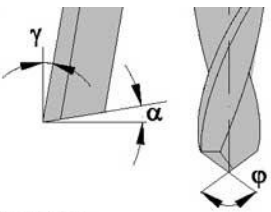
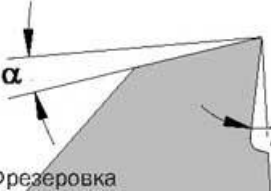
Штампуння допускається для деталей товщиною не більше 1,5 мм. Бажаний попередній нагрів заготовки.

Видалення ґрата

Вилучення ґрата здійснюється спеціальними ножами або за допомогою азоту. При великій кількості оброблюваних виробів можна використовувати галтувальні барабани.

Режими мехобробки Zedex

			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	
 <p>Распил</p>	$\alpha, ^\circ$	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	30	10	10
	$\gamma, ^\circ$	min.	5	2	5	0	0	0	0	10	0	10	0	0	0	0	0	5	5	0	0
		max.	8	5		5	5	5	5	15	4	15	5	5	5	5	5	8	8	3	3
	V, м/мин	min.				500	500	500	500	200			500	500	500	500			800	800	
		max.	300	500	300	800	800	800	800	300	500	300	800	800	800	800	300	300	900	900	
t, мм	min.	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	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	5	14	14	
Температура обробки, °C			>Ø60mm																		
			>Ø80mm			50	100	100	100	120			100	50	50		100			100	150
			>Ø120mm	50																	
 <p>Точение, резка</p>	$\alpha, ^\circ$	min.	5	6	5	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			5	5	
	$\gamma, ^\circ$	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	8	8	5	5	5	5	8	8	5	5	
	$\chi, ^\circ$	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, м/мин	min.	300	250	300	250	250	250	250	150	350	150	250	250	350	350	350	500	500	100	100	
	max.	400	500	400	500	500	500	500	200	400	200	500	40	40	40	500	500	120	120		
S, мм ⁻¹	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		

			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	
 <p>Сверление</p>	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	10	10	10	6	10	10	10	10	16	16	10	10
	γ, °	min.	10	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	30	10	20	10	30	30	30	30	20	20	10	10
	φ, °		90	90	90	90	90	90	90	120	90	120	90	90	90	90	130	130	120	120	
	V, м/мин	min.	50	50	50	50	50	50	50	50	80	20	80	50	50	50	50	150	150	80	80
		max.	100	150	100	200	200	200	200	200	100	80	100	200	20	20	20	200	200	100	100
	S, мм ⁻¹	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	0,1	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	0,3	0,1	0,1	
Температура обробки, °С			>Ø60mm			80				120	120		100	100	100		100				150
			>Ø80mm	80		120	120	120					100								
 <p>Фрезеровка</p>	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	15	30	10	30	15	15	15	15	15	15	15	5
	γ, °	max.	5	5	5	6	6	6	6	6	6	1	6	6	6	6	6	5	5	0	0
		max.	15	15	15	10	10	10	10	10	10	5	10	10	10	10	10	15	15	5	5
V, м/мин	min.	250	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	500	100	500	500	500	500	500	500	500	500	100	100	
Інструменти: карбид вольфрама, алмаз, кераміка.					X							X							X	X	
Не застосовувати розчинні в воді охолоджувачі*											X	X									
* Якщо застосування рідких охолоджувачів не можна уникнути - після обробки деталі промити в ізопропанолі і прополоскати у воді α – кут допуску, γ – передній кут, χ – інсталяційний кут, φ – кут заточки, t – крок зуба, V – швидкість різання, S – подача																					

Типы механической обработки полимеров Zedex производства Wolf Kunststoff-Gleitlager GmbH (ФРГ)

Контроль размеров

Термопласты Zedex (Германия) имеют высокие значения коэффициента термического расширения, поэтому контроль размеров необходимо проводить только при температуре обрабатываемого материала равной комнатной.

Коэффициент линейного теплового расширения

Материал Zedex	до 100°C, $\alpha \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$	до 150°C, $\alpha \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$
ZX-100K	8	12
ZX-100EL63	14	16,3
ZX-324	5,1	5,9
ZX-410	4,0	5,8
Сталь 0,8кп	1,25	
Алюминий	2,24	

Из-за упругих свойств допустимые отклонения размеров деталей из полимеров выше, чем у деталей из металлов. Но для расчета допусков и посадок нужно учитывать более сильное изменение размеров в зависимости от температуры.

Высокоточные детали следует производить из материалов с низким внутренним напряжением. Заготовки необходимо отжигать перед обработкой. Так же можно произвести предварительную обработку, и только через 24 часа приступить к конечной обработке. После отжига или 24-х часового хранения предварительно обработанной заготовки, её размеры могут уменьшиться, поэтому заготовку нужно брать бóльших размеров.

Закрепление заготовки

Материалы ZEDEX имеют низкий модуль упругости при изгибе поэтому при закреплении заготовки надо избегать деформации и длительного положения заготовки в закреплённом состоянии, так как это может привести к изменениям размеров. Заготовки могут закрепляться при помощи вакуумных систем или с помощью двухсторонней клейкой ленты.

Внутреннее напряжение и некачественная механическая обработка могут привести к возникновению трещин или изменению размеров изделия. Некоторые полимеры ZEDEX рекомендуется перед обработкой нагреть, и обрабатывать в разогретом состоянии.

Станки

Обработка полимеров Zedex не требует слишком больших усилий. Изделия из Zedex обрабатываются на станках с меньшими мощностями, чем для обработки металлических материалов. Для производства деталей из пластиков ZEDEX могут применяться те же станки, что и для обработки лёгких металлов или древесины. Такие станки обеспечивают большие рабочие скорости при меньшей подаче. Таие режимы обработки не разламывают и не перегревают пластиковые заготовки.

Инструменты

Общим правилом для всех инструментов 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 обязательно обрабатываются инструментами с алмазным покрытием.

Инструменты, которые использовали для обработки металлов, должны быть обязательно заточены перед обработкой материалов ZEDEX.

Контрольные значения для выбора инструментов:

- SS класс EV4;
- EV4 Co;
- E Mo 5 V3;
- НМ сорта от K10 до K40.

Охлаждение

Сильный перегрев материала ZEDEX во время обработки может привести к расплавлению материала, к горению материала, к перекаливанию рабочего инструмента. Поэтому необходимо при обработке обеспечить максимально возможный теплоотвод 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.

Применяться 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. Чтобы избежать трещин, при распиливании некоторых антифрикционных материалов

ZEDEX, необходимо перед обработкой нагреть заготовку. Рекомендуются пила с шагом зуба от 4 до 6 мм.

Шлифование

Все материалы Zedex можно шлифовать и полировать, при этом важно контролировать температуру обрабатываемой поверхности и не допускать сильного нагрева. Для шлифования используются стандартные шлифовальные ленты и круги, по возможности крупной зернистости.

Чтобы предотвратить забивание поры на круге мелкими частями материала, необходимо использовать охлаждающие жидкости. Нужно применять шлифовальный круг крупной зернистости.

Сверление

Для сверления термополимеров семейства ZEDEX применяются HSS-свёрла DIN 1412, используемые в металлообработке. Необходимо охлаждение и регулярное удаление стружки воздухом, что препятствует перегреву, появлению трещин, разрыву деталей

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.

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

Точение

При токарной обработке антифрикционных материалов ZEDEX необходима высокая подача. Для получения качественной поверхности для работы предпочтительно

выбрать широкий резец. Требуемый контур детали и качество поверхности должны быть сделаны за один раз.

Внутреннее точение производится стандартными инструментами. При этом необходимо регулярно удалять стружку. Для создания поверхности высокого качества при внутреннем точении желателен применение сверла с углом наклона винтовой линии 15°.

Для нарезания тонкостенных деталей в качестве ножа используют заточенные инструменты. Стружку лучше всего собирать индустриальным пылесосом. Если необходимо обработать длинную заготовку, то необходимо применение люнетов.

Резание

Листы из полимеров ZEDEX могут быть порезаны при помощи гильотины.

Фрезерование

Для избегания перегрева заготовки при фрезеровании 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 можно получить высокое качество поверхности и высокую скорость обработки. При фрезеровании фрезами с несколькими режущими кромками, стружка может заклинивать в последующих кромках. Чем больше режущих кромок, тем больше вероятность заклинивания. Фрезерованием изготавливаются зубчатые колеса высокого качества и точности, которые невозможно достичь при литье.

Опиливание, стачивание, соскабливание

Для стачивания хорошо подходят крупно насеченный напильник, рашпиль по дереву или напильники с двойной насечкой. В таких напильниках точки пересечений насечек разламывают образующуюся стружку в процессе опиления и обрабатываемая поверхность получается чище и очищать от стружки такой напильник гораздо легче. Чтобы 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 2 мм для получения закругленного шва, что будет препятствовать возникновению нежелательной концентрации напряжений.

Развёртывание

Высокая точность размеров отверстия достигается при помощи развёрток по DIN 206, DIN 212, DIN 219. Из-за эластичности полимерных материалов необходимо применять развертку с радиусом минимум на 0,1 мм больше, чем отверстие. В противном случае будет происходить не срезание, а продавливание и деформация материала.

Строгание

Для обработки строганием материалов из полимеров ZEDEX подходит практически любое соответствующее оборудование, применяемое в дерево- и металлообработке..

Нарезание резьбы

Отверстия для резьбы размеров до М8 должны быть примерно на 0,1 мм больше, чем отверстия для резьбы в металле, а отверстия для резьбы размеров от М10 должны быть больше примерно на 0,2 мм. Для нарезания резьбы применяются стандартные металлообрабатывающие инструменты. Для усиления резьбы на гайках могут применяться металлические вставки.

Для нарезания наружной резьбы необходимо обеспечить как можно более гладкую поверхность. Рекомендуется производить последний этап обработки резцом на токарном станке.

Рифление

Материалы ZEDEX подходят как для накатывания прямых, так и для накатывания угловых рифлений. Могут применяться одинарные и двойные ролики для накатывания рифлений.

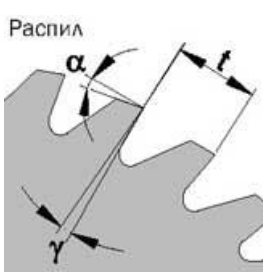
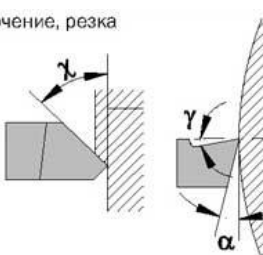
Штамповка

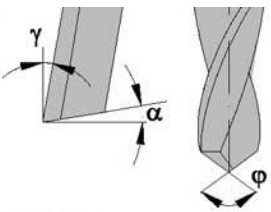
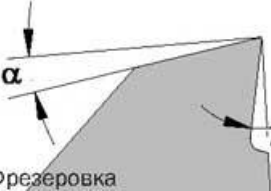
Штамповка допускается для деталей толщиной не более 1,5 мм. Желателен предварительный нагрев заготовки.

Удаление грата

Удаления грата осуществляется специальными ножами или с помощью азота. При большом количестве обрабатываемых изделий можно использовать галтовочные барабаны.

Режимы мехобработки Zedex

			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	
 <p>Распил</p>	$\alpha, ^\circ$	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	30	10	10
	$\gamma, ^\circ$	min.	5	2	5	0	0	0	0	10	0	10	0	0	0	0	5	5	0	0	
		max.	8	5		5	5	5	5	15	4	15	5	5	5	5	8	8	3	3	
	V, м/мин	min.				500	500	500	500	200			500	500	500	500			800	800	
		max.	300	500	300	800	800	800	800	300	500	300	800	800	800	800	300	300	900	900	
	t, мм	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	>Ø60mm																			
		>Ø80mm			50	100	100	100	120				100	50	50		100			100	150
>Ø120mm		50																			
 <p>Точение, резка</p>	$\alpha, ^\circ$	min.	5	6	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	10	10	2	2		
		max.	10	10	10	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	10	10	5	5	
	$\gamma, ^\circ$	min.	0	0	0	0	0	0	0	2			2	0	0	0	0	5	5	0	0
		max.	5	5	5	5	5	5	5	8	0	8	5	5	5	5	5	8	8	5	5
	$X, ^\circ$	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, м/мин	min.	300	250	300	250	250	250	250	150	350	150	250	250	350	350	350	500	500	100	100
		max.	400	500	400	500	500	500	500	200	400	200	500	40	40	40	500	500	120	120	
	S, мм ⁻¹	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	0,1	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	0,3	0,08	0,08

		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	
 <p>Сверление</p>	α, °	min.	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	10	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, °		90	90	90	90	90	90	120	90	120	90	90	90	90	130	130	120	120	
	V, м/мин	min.	50	50	50	50	50	50	50	80	20	80	50	50	50	50	150	150	80	80
		max.	100	150	100	200	200	200	200	100	80	100	200	20	20	20	200	200	100	100
	S, мм ¹	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		>Ø60mm			80				120	120		100	100	100		100			150	
		>Ø80mm	80		120	120	120				100								150	
 <p>Фрезеровка</p>	α, °	min.	5	10	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, м/мин	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: карбид вольфрама, 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 изопропанолe и прополоскать в воде α – угол допуска, γ – передний угол, χ – установочный угол, φ – угол заточки, t – шаг зуба, V – скорость резания, S – подача																				