

эталон	—	+0,05 —0,25
приспособление	—	+0,1 —0,3
деталь	—	+0,1 —0,5

ЛИТЕРАТУРА

1. Дунаев П. Ф. Размерные цепи. М., Машгиз, 1953.
2. Беродачев П. А. Анализ качества и точности производства. М., Машгиз, 1946.

А. С. Горячев, Г. С. Железнов, В. В. Жунин

РАЗДЕЛКА КЛАССНЫХ ОТВЕРСТИЙ РУЧНЫМИ ТВЕРДОСПЛАВНЫМИ РАЗВЕРТКАМИ

В современных конструкциях самолетов широкое распространение получило болтовое соединение узлов, состоящих из нескольких деталей из однородных и разнородных материалов. Как правило, это ответственные силовые узлы, работающие при больших знакопеременных нагрузках. В связи с этим качество отверстий соединяемых деталей, а именно точность и чистота поверхности, должно быть высоким (точность в пределах A и A_3 , чистота $\nabla 7$ и $\nabla 6$).

Часто соединяемые узлы и детали при сборке агрегатов расположены в труднодоступных местах, что исключает применение механизации при разделке. Поэтому их обработку производят вручную. Как правило, при разделке узлов, включающих в себя детали из закаленных сталей 30ХГСА и 30ХГСА, применяются развертки из быстрорежущих сталей. Быстрорежущие инструменты Р9, Р18, Р9К5 и др. имеют невысокую стойкость и не обеспечивают зачастую требуемого качества обработки. Это объясняется тем, что при изготовлении инструмента не гарантируется высокое качество режущих кромок, вследствие обезуглероживания поверхностных слоев и прижогов при заточке. Кроме того, на заводах резко сокращаются лимиты на фонды быстрореза.

Опыт некоторых заводов свидетельствует о целесообразности применения ручных инструментов, оснащенных пластинками из твердых сплавов для разделки классных отверстий в высокопрочных закаленных сталях. Если процессы скоростной обработки с помощью твердосплавных инструментов довольно широко исследовались, то развертывание при ограниченных (малых) скоростях резания требует изучения.

Поэтому в настоящее время проводится исследование по выбору оптимальной геометрии и оптимальных режимов резания для ручных твердосплавных разверток при разделке классных отверстий в сборочных цехах.

Как показывает опыт производства при разделке классных отверстий в смешанных пакетах, включающих стали 30ХГСА и 30ХГСА, вследствие большого припуска на обработку применяется большое количество режущего инструмента (2÷3 зенкера и до 5 разверток). Несмотря на большое число переходов в операции она не обеспечивает получение чистоты поверхности отверстий выше $\nabla 6 \div \nabla 7$. Поэтому отверстия окончательно доводят чугунными притирами, т. е. процесс ручной разделки не обеспечивает стабильного качества отверстий, так как процесс разделки в смешанных макетах мало изучен. Кроме того в ряде случаев неправильно выполняется технология разделки отверстий (работа с изношенными инструментами, отсутствие или несоответствие СОЖ обрабатываемому пакету, неправильные приемы развертывания).

Разделка пакетов из разнородных материалов характеризуется следующими технологическими особенностями. При подаче инструмента в процессе развертывания на поверхности отверстия в цветном материале всегда обнаруживаются глубокие спиральные риски, оставленные твердой стальной стружкой. Исключить эти риски можно за счет уменьшения пропусков под последние переходы развертывания и создания конструкции развертки, обеспечивающей надежный отвод стружки.

При разделке отверстий в одних случаях имеет место усадка отверстия, в других — разбивка; даже в одном отверстии одни слои могут получать усадку, а другие — разбивку, что может привести к ступенькам на поверхности отверстия.

К усадке отверстия, в основном, приводят:

упругая деформация обрабатываемого отверстия в сторону увеличения диаметра;

упругая деформация развертки в сторону уменьшения диаметра.

Упругая деформация отверстия и развертки определяется, в основном, величиной радиальных сил резания и жесткостью отверстия и развертки. Величина усадки увеличивается с увеличением износа инструмента и зависит от упругих свойств материала. Наиболее склонны к усадке цветные материалы, стали — меньше. Усадка зависит и от толщины пакета. Тонкие слои более склонны к усадке. На величину усадки также оказывают влияние геометрия разверток: чем меньше угол заборного конуса и больше передний и задний углы на заборной части, тем меньше усадка. Чем больше подача инструмента, тем больше усадка. Таким образом, величина усадки может быть учтена при конструировании инструмента и при разработке процесса разделки.

В ряде случаев наблюдается «разбивка» отверстия, которая

вызывается неравномерным вращением инструмента, плохим его направлением, биением заборной части, а также истирающим действием стружки, остающейся в канавках инструмента.

На основе статистического обследования конструкции изделий было выявлено большое многообразие пакетов, из которых были выбраны наиболее вероятные типовые:

На процесс разделки отверстий оказывают влияние следующие конструктивные признаки:

- материалы и число слоев в пакетах;
- толщина пакетов и слоев в них;
- сочетание в пакетах материалов и толщины слоев;
- диаметры разделяемых отверстий.

В рассмотренных пакетах встречаются следующие марки материалов: 30ХГСНА ($\sigma_B = 160 \div 180 \text{ кг/мм}^2$); 30ХГСА ($\sigma_B = 110 \div 120 \text{ кг/мм}^2$); Д16Т; АК8 ($\sigma_B = 48 \text{ кг/мм}^2$); В95Т ($\sigma_B = 55 \text{ кг/мм}^2$); ЭЯ1Т ($\sigma_B = 60 \text{ кг/мм}^2$).

Двух- и трехслойные пакеты принятые или типовые (рис. 1). Многослойные пакеты приводятся к двум- или трехслойным. По этому для экспериментов приняты двух- и трехслойные пакеты.

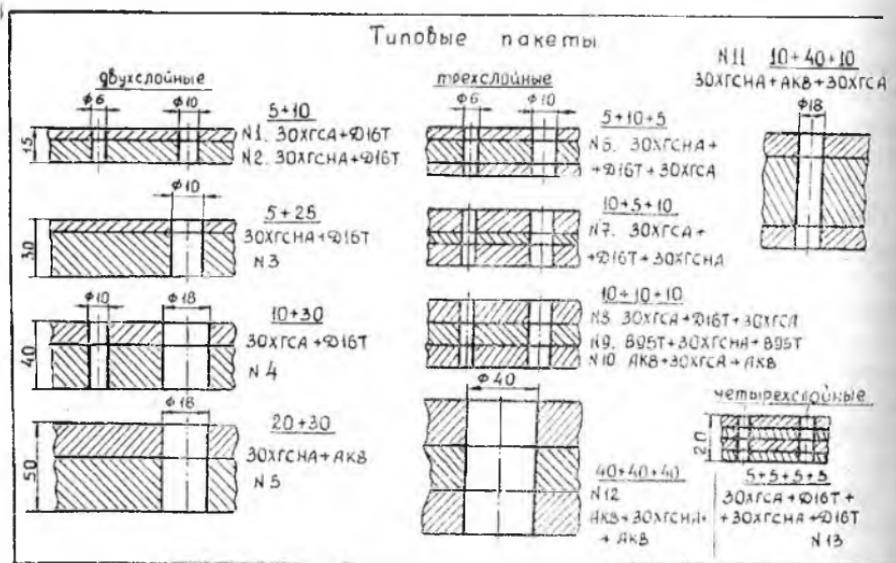


Рис. 1. Типовые пакеты

Толщина пакетов колеблется в широких пределах (от 10 до 130 мм), но наиболее распространены толщиной от 15 до 40 мм.

Диаметры разделяемых отверстий находятся в пределах от 6 мм до 40 мм. Для большинства пакетов характерны диаметры до 20 мм.

Для экспериментального исследования применялась ручная специальная твердосплавная развертка, конструкция которой

показана на рис. 2. Корпус изготавливается из стали 9ХС и имеет две направляющие: переднюю $d_x = (D_{ном} - 0,2)$ мм и заднюю диаметром $d_1x = (D_{ном} - 0,02)$ мм. Длина направляющих определяется толщиной пакета. Режущая часть выполнена из

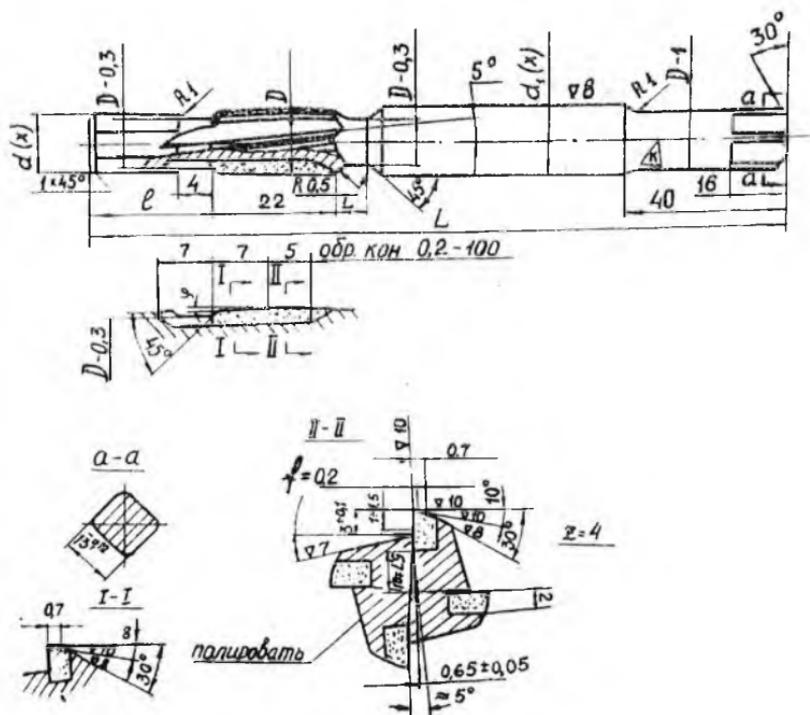


Рис. 2. Конструкция ручной твердосплавной развертки

пластин твердого сплава, припаянных к корпусу. Для обеспечения выхода стружки через переднюю направляющую в последней сделаны продольные пазы в соответствии с числом канавок режущей части.

Для проведения стойких исследований были изготовлены развертки с различными марками пластин твердого сплава: ВК8, ВК6М и Т15 К6 и различной геометрией. В целях экономии материала комплект разверток был изготовлен диаметрами одного порядка, а именно от 17 до 20 мм.

В качестве критерия притупления был принят износ по задней грани заборного конуса величиной $\omega_3 = 0,15$ мм, при котором наступает значительное ухудшение чистоты поверхности.

При выборе оптимальной марки твердого сплава лучшие результаты по стойкости показали развертки, оснащенные пластинками твердого сплава ВК8.

Стойкие исследования проводились для определения оптимальной геометрии ручной развертки и оптимальных режимов

резания. Так как в смешанных пакетах наибольшую сложность в обеспечении качества отверстий представляет обработка закаленных высокопрочных сталей, то для выбора геометрии инструмента и режимов обработки опыты проводились на образцах из стали 30ХГСА ($\sigma_B = 160 \div 180 \text{ кг/мм}^2$). Режущая часть инструмента изготавливалась из твердосплавных пластин ВК8. Обработка отверстий проводилась с помощью СОЖ — дибutilфталат, обладающей хорошей смазывающей и проникающей способностью. Вращение инструмента производилось воротком. Режимы обработки при ручном развертывании определялись расчетно-статистическим методом. Износ разверток замерялся по задней грани с помощью лупы Бриннеля.

Определение оптимальной геометрии проводилось развертками ВК8 диаметрами от 17,4 мм до 18,0 мм. Режущая часть развертки затачивалась с различными передними, задними углами и углами заборного конуса. ($\alpha_K = 5 \div 10^\circ$; $\gamma_K = 0^\circ$; $\gamma = -5^\circ$; $0 \div 8^\circ$; $\alpha = 5 \div 10^\circ$; $\phi = 1^\circ$; $1^\circ 30'$; 2° и 4°). Кроме того, испытывались развертки с калибрующей ленточкой $f_K = 0,2 \text{ мм}$ и без нее, так называемые острозаточенные развертки ($f_K = 0$).

Как показали результаты опытов, отрицательный передний угол на заборном конусе ($\gamma = -5^\circ$) вызывает увеличение сил резания и затрудняет срезание стружки при малых скоростях резания. Стружка как бы сдирается и мнется, что приводит к ухудшению чистоты обработанной поверхности. Наиболее благоприятные условия резания создаются при $\gamma = 0^\circ$ и положительных передних углах ($\gamma = 8^\circ$) на заборном конусе.

Величина заднего угла α изменялась в пределах $(5 \div 10)^\circ$ как на заборном конусе, так и на калибрующей части. Наиболее благоприятная величина заднего угла $\alpha = 8 \div 10^\circ$. Большее увеличение угла может привести к значительному снижению прочности зуба развертки.

Влияние величины угла ϕ заборного конуса на стойкость развертки оценивалось на развертках с углами от 1° до 4° . Хотя развертка с большим углом ϕ обладает большей стойкостью, однако при больших углах заборного конуса требуются большие усилия резания и вследствие неравномерности процесса ручного развертывания не обеспечивается стабильная чистота отверстия (имеет место чистота $\nabla 6$ и $\nabla 5$). Наилучшие результаты по стойкости показали острозаточенные развертки по калибрующей части с углом $\phi = 1^\circ 30'$.

Нужно отметить влияние калибрующей ленточки на условия обработки. Как показывают опыты развертки с калибрующей ленточками $f_K = 0,2 \text{ мм}$ требуют значительно большую силу резания вследствие увеличения сил трения инструмента об обработанную поверхность. Это часто приводит к ухудшению чистоты обрабатываемой поверхности. Острозаточенные развертки по калибрующей части режут легко вследствие меньших упругих де-

формаций пакета и инструмента и требуют меньших усилий исполнителя, но быстро изнашиваются.

Для определения оптимальных режимов резания обработка производилась на следующих режимах: скорость резания $V = 1 \div 4$ м/мин, подача $S = 1,2$ мм/об, глубина резания $t = 0,05 \div 0,2$ мм. СОЖ — дибутилфталат — наносилась кисточкой на инструмент и отверстия (снижение чистоты до $\nabla 4$ и разбивка). Скорость $V = 1 \div 1,5$ м/мин является наиболее рациональной и обеспечивает высокое качество отверстия и нормальные условия работы. Оптимальная подача инструмента должна быть $S = 1 \div 1,5$ мм/об. Глубина резания должна быть не меньше $t = 0,03$ мм, так как в предварительно обработанной поверхности отверстия появляется значительный наклеп, что затрудняет резание и приводит к более быстрому притуплению режущей кромки инструмента. Увеличение глубины резания больше 0,1 мм для стальных деталей требует значительного увеличения силы резания, что при ручной обработке нежелательно.

Таким образом, как показали стойкостные исследования оптимальной геометрией ручных разверток при обработке стальных закаленных деталей или смежных пакетов является следующая: $\alpha = 5 \div 10^\circ$; $\alpha_k = 5 \div 10^\circ$; $\gamma = (0 \div 5^\circ)$; $\gamma_k = 5 \div 10^\circ$;

$$\varphi = 1 \div 2; \quad \varphi_k = 0,15 \text{ мм.}$$

Оптимальными режимами обработки являются:

$$V = 1 \div 1,5 \text{ м/мин}; \quad S = 1 \div 1,5 \text{ мм/об}; \quad t = 0,03 \div 1 \text{ мм.}$$

СОЖ — дибутилфталат.

Качество обработанных отверстий оценивалось по чистоте (шероховатости) поверхности и точности размеров. Шероховатость поверхности отверстий замерялась с помощью профилометра — профилографа «Калибр ВЭИ», который определяет глубину неровностей записью на профилеграмме. Точность размеров отверстий замерялась с помощью индикаторных нутромеров с точностью до $\pm 0,01$ мм.

Как видно из табл. 1, чистота и точность зависят от режимов обработки и геометрии инструмента. Так, например, развертки острозаточенные с оптимальной геометрией $D_{\text{раз}} = 17,95$ мм и $D_{\text{раз}} = 17,75$ мм в начальный период обработки (68 мин и 16 мин) соответственно обеспечивают чистоту $\nabla 7$, а затем до критерия износа ($\omega_3 = 0,15$ мм) стабильно чистоту $\nabla 6$.

Замер точности отверстий показывает, что при обработке развертками, в особенности острозаточенными, в большинстве случаев отмечается увеличение отверстия («разбивка»). Для условий обработки, указанных в таблице 1, величина разбивки $+\Delta = 0,01 \div +0,03$ мм. Однако иногда имеет место и усадка отверстий.

Величину разбивки или усадки отверстий при обработке необходимо учитывать при назначении исполнительных размеров разверток.

Результаты замеров точности и чистоты при развертывании стали 30ХГСНА
($\sigma_B = 160\text{--}180 \text{ кг/мм}^2$), ВК-8

D разв. мм	Геометрия развер.					Чистота Δ	D отв. мм	Усадка, — мм	Разновка, + мм	Стоимость, мин	W _з , мм	Режимы резания			
	γ°	α°	φ°	τ_K°	α_K°							f_{K_2} мм	v, м/мин	n, об/мин	S, мм/об
17,4	-5°	10	2	0	10°	0,2	6			15	0	3,3	5,0	2	0,2
17,5	0	5	4	0	10°	0,2	6	17,6	0	61	0,05	2,2	40	1,1	0,1
						(5)	6	17,6	0	88	0,06	2,2	40	1,1	0,1
17,8	0	5	1	0	5	0,2	6	17,61	0,01	68	0,16	2,2	40	1,1	0,1
						(5)	7	18,01	0,01	16	0,2	1,2	20	1,5	0,1
18,0	0	5	1	0	8	0,15	6	18,01	0,01	32	0,27	1,2	20	1,3	0,1
18,05	0	10	1,2	0	6	0,00	7	17,98	0,03	40	0,08	1,2	20	1,3	0,07

Ручные регулируемые развертки, оснащенные пластинами твердого сплава

С целью сокращения количества инструментов различных размеров и значительного увеличения срока службы по сравнению с развертками из быстрорежущих сталей разработаны и предлагаются для внедрения регулируемые твердосплавные развертки диаметром от 15 до 85 мм. Предел регулирования этих разверток составляет не менее 0,2 мм, что позволяет, используя одну развертку, обработать отверстия под все типы посадок, установленных ОСТАми для данного номинального размера.

Конструкция регулируемой развертки показана на рис. 3. Она состоит из оправки 7, разрезанной насадной развертки 3, передней 2 и задней 4 направляющих, гайки 1, 5, 6 и шпонки 8. Оправка 7 служит для установки насадной развертки 3 и остальных деталей, а также для сообщения развертке движений, необходимых для осуществления процесса резания. Насадная развертка (рис. 4) по конструкции отличается от стандартной только тем,

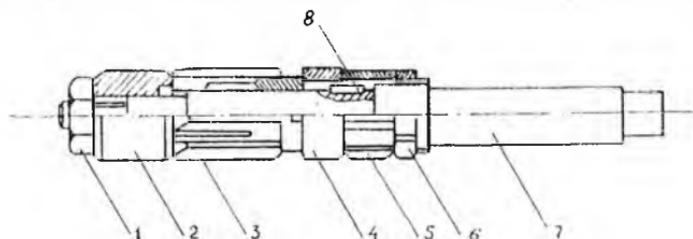


Рис. 3. Конструкция регулируемой развертки

что имеет вдоль каждого зуба прорези, длина которых от торца составляет две трети длины развертки. Прорези по расположению относительно торцов развертки чередуются через два зуба. Развертка устанавливается на оправку по коническому отверстию. Корпус развертки рекомендуется изготавливать из сталей 40Х, 30ХГСА и др. Пластины твердого сплава крепятся к корпусу припайкой.

Передняя и задняя направляющие обеспечивают устойчивую работу инструмента при обработке. Кроме этого задняя направляющая с помощью призматической шпонки исключает проворот насадной развертки относительно оправки.

Для осуществления осевого перемещения развертки по оправке для выстройки ее на заданный размер служат гайки 1 и 5 (рис. 3) и контргайка 6. Настройку разверток рекомендуется производить по калибрам-кольцам. Однако ее можно осуществить и методом подбора, путем выполнения пробного прохода на образцах с последующим контролем обработанного отверстия внутренним или калибром-пробкой. Изменение размера развертки на 0,02 мм можно производить по микрометру. Для уве-

личения диаметра необходимо ослабить гайки 5 и 6 (рис. 3), повернуть гайку 1 на требуемое количество оборотов, произвести контроль размера и затянуть гайки 5 и 6. После настройки необходимо провести контроль развертки по калибрам-кольцам либо образцам или микрометром.

Особенности работы, регулируемые развертками, следующие. Отверстия под разделку этими развертками должны быть обрабо-

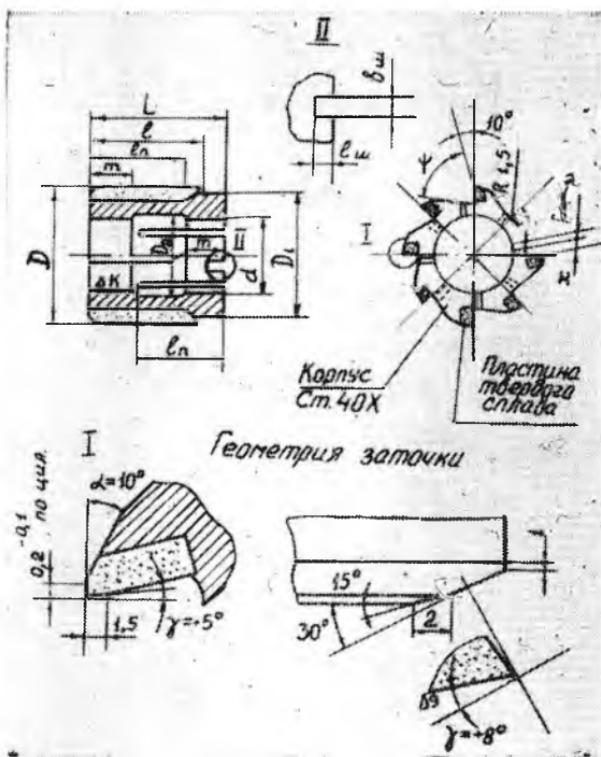


Рис. 4. Геометрия регулируемой развертки

таны черновым развертыванием с точностью не ниже 4-го класса, так как при большей погрешности обрабатываемого отверстия ухудшается направляемость инструмента. Величина припуска на диаметр зависит от размера отверстия и не должна превышать 0,15 мм для $D_{разв} = 15 \div 25$ мм, 0,2 мм для $D_{разв} = 25 \div 45$ мм и 0,25 мм для $D_{разв} \geq 45$ мм. Скорость резания $V = 1 \div 2$ м/мин, подача $S = 1 \div 1,5$ мм/об.

Смазывающе охлаждающая жидкость: для обработки сталей — динбутилфталат, при обработке алюминиевых сплавов — керосин. СОЖ рекомендуется наносить кисточкой периодически как на обрабатываемую поверхность, так и на инструмент. При обработке не должны прилагаться чрезмерно большие усилия. Чрезмерно

большие силы резания свидетельствуют о неправильном выполнении процесса и затуплении инструмента. Необходимо периодически во время работы извлекать инструмент из отверстия и очищать от стружки.

Следовательно, применение твердосплавных ручных разверток для разделки классных отверстий в пакетах, содержащих высокопрочные конструкционные стали, дает возможность повысить стойкость в $1,5 \div 2$ раза по сравнению с быстрорежущими инструментами. Внедрение в производство регулируемых разверток позволит значительно сократить расходы на изготовление инструмента.
