

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ НА КИЗ «СИТОМО»

АМТ «Инжиниринг», БНТУ, КИЗ «СИТОМО»,
г. Минск, г. Кобрин, Республика Беларусь

The article provides information on resource-saving technologies of plastic forming used by Kobrin Tool Plant “SITOMO” for bench and installation tools production.

Наиболее производительным и экономичным способом производства сложнопрофильных поковок с вытянутой осью является поточная штамповка. Поточная штамповка поковок, как правило, осуществляют с одного нагрева за несколько переходов на различном оборудовании, наиболее приспособленном для выполнения каждого перехода, при этом окончательное формообразование поковок осуществляют на паровоздушных молотах двойного действия или кривошипных горячештамповочных прессах. Оборудование для поточной линии подбирают по принципу целесообразности для каждого перехода как однотипное, например, молоты разной мощности, так и разнотипное – ковочные вальцы, горизонтально-ковочные машины, станы продольной и поперечно-клиновой прокатки, прессы для обрезки и проколки обля, правки, гибки и т.д.

Кобринский инструментальный завод «СИТОМО» (КИЗ «СИТОМО») для производства ключей гаечных использует поточные линии штамповки, в состав которых входят устройства индукционного нагрева заготовок, валково-клиновые станы поперечной прокатки, паровоздушные молоты или горячештамповочные прессы, эксцентриковые или однокривошипные обрезные прессы. Для передачи нагретых заготовок в станы поперечно-клиновой прокатки используют автоматические устройства подачи, а дальнейшее транспортирование фасонированных прокаткой заготовок на штамповочное оборудование и поковок на обрезные прессы осуществляют транспортерами.

С целью снижения энергозатрат штамповку поковок на КИЗ «СИТОМО» производят на пониженном давлении сжатого воздуха – 4,5 атм. (рекомендуемое значение давления 6-7 атм.). Для сохранения той же энергии удара уменьшение скорости ударных частей молота в момент соприкосновения бойка с поковкой с 7 м/с до 4-5 м/с компенсируют соответствующим увеличением массы ударных частей.

Использование станов поперечно-клиновой прокатки (ПКП) позволяет наиболее рационально перераспределять объемы металла по сечениям заготовок для последующей штамповки поковок ключей за 1-2 удара

молота с минимальными потерями на облой. Коэффициент использования металла на поточных линиях штамповки ключей составляет 0,7...0,81.

Штамповка поковок ключей гаечных на молотах с использованием протяжного или формовочно-протяжного ручьев для предварительного фасонирования заготовки вместо поперечно-клиновой прокатки менее эффективна, так как штамповка, в этом случае, осуществляется за 5-6 ударов молота, а коэффициент использования металла заготовки не превышает 0,53...0,6.

Дальнейшее совершенствование производства ключей гаечных КИЗ «СИТОМО» связывает с внедрением станов ПКП конструкции АМТ «инжиниринг» для прокатки высокоточных заготовок под последующую технологию безоблойной штамповки и освоения других ресурсосберегающих технологий пластического формообразования. Технология безоблойной штамповки ключей с использованием станов ПКП конструкции АМТ «инжиниринг», внедренная в производство на Danaher Tool Group (U.S.A.), позволила увеличить КИМ заготовки до 0,92.

Реализацию указанных задач КИЗ «СИТОМО» предполагает осуществить за счет собственных финансовых средств и путем интегрирования в производства ведущих компаний мира, изготавливающих аналогичную продукцию. В настоящее время КИЗ «СИТОМО» проводит переговоры с компанией «Danaher Tool Group» по развитию партнерских отношений и созданию совместного производства.

Эффективно используются производственные ресурсы на КИЗ «СИТОМО» и при производстве сменных головок торцовых ключей полугорячим выдавливанием (рис.1).

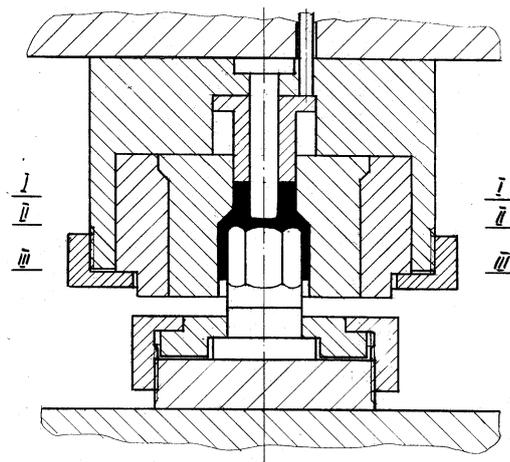


Рис.1. Схема полугорячего выдавливания сменных головок торцовых ключей

Схема полугорячего выдавливания сменных головок (рис.1) характеризуется тем, что металл исходной заготовки течет одновременно в двух противоположных направлениях (комбинированное выдавливание).

Процесс формообразования можно разделить на три этапа. В начальный момент, на первом этапе формообразования изделия, преобладающим является обратное выдавливание. Объясняется это динамическими особенностями процесса выдавливания, при которых условия течения металла в верхнюю полость являются более благоприятными. Затем ввиду того, что прямое выдавливание протекает с меньшим значением удельных усилий идет более активное истечение металла в нижнюю часть штампа. При этом металл, попадая в зазор между нижним пуансоном и матрицей, подстывает, что увеличивает сопротивление деформированию (второй этап). На третьем, заключительном этапе происходит окончательное заполнение верхней части закрытого ручья штампа и выдавливание остающегося объема металла в нижнюю открытую часть ручья штампа.

Полугорячее выдавливание поковок (более 30 наименований изделий) в закрытых штампах безоблойной штамповкой обеспечивает КИМ в пределах 0,9-0,95. Безоблойная штамповка позволяет снизить трудоемкость и себестоимость изготовления поковок, а также повысить качество поковок за счет благоприятного расположения волокон и высокой чистоты поверхности ($R_a = 1,5 \div 2,5$ мкм) и точности (8-10 квалитеты).

К заготовкам, используемым для полугорячего выдавливания в закрытых штампах, предъявляют ряд требований, заключающихся в том, что объем заготовок должен быть рассчитан по нижним допускам на диаметр прутка и длину, угол скоса торцов не должен превышать 1° от плоскости, перпендикулярной оси заготовки. Зазор между приемником матрицы и заготовкой должен составлять 2-3 % диаметра матрицы. Как правило, заготовки, полученные резкой в штампах, требуют операции калибровки в штампе.

В качестве смазочного материала хорошо себя зарекомендовал состав, состоящий из трех частей графита и одной части мела, разведенный в мыльной воде до консистенции жидкой сметаны. Смазочный материал наносится перед нагревом тонким равномерным слоем на заготовки в галтовочном барабане. При нагреве некоторые составляющие этого материала выгорают, остается тонкий слой, предохраняющий заготовки от окисления и понижающий коэффициент трения. Полугорячее выдавливание эффективно лишь при использовании смазочных материалов, дающих коэффициент трения 0,05.

Инструмент при полугорячем выдавливании работает в тяжелых условиях, давление достигает 900-1000 МПа и более. Вследствие этого для полугорячего выдавливания применяют бандажирование матрицы.

Использование составных бандажированных конструкций матриц позволят решать задачи повышения воспринимаемых ими нагрузок при одновременном повышении их стойкости и срока службы.

Для процессов полугорячего выдавливания и редуцирования матрицы делают многослойными (многобандажными) для более равномерного распределения напряжений по толщине кольцевых оболочек. Для рационального использования прочностных характеристик рабочей вставки и отдельных бандажей матрицы необходимо рассчитать величину натяга, который зависит от максимального давления на боковой поверхности вставки. При проектировании матрицы в качестве рекомендации для каждого бандажа используют отношение наружного диаметра к внутреннему равное 1,6 [1], что не может всегда гарантировать оптимальность ее конструкции.

Используя известные методики расчета толстостенных цилиндрических оболочек (формулы Ляме) [2], в БНТУ разработана методика расчета напряженно-деформированного состояния сборной матрицы от одновременного действия контактных давлений, вызванных запрессовкой, и усилий выдавливания. Критерием оптимизации выбрано эквивалентное напряжение в опасной точке поперечного сечения вставки, которое, с целью повышения надежности и долговечности технологической оснастки, должно оставаться сжимающим при действии усилия выдавливания. При этом сжимающие напряжения во вставке от действия контактных напряжений, вызванных бандажированием, должны быть больше или равны растягивающим напряжениям, возникающим в ней от усилия выдавливания.

Расчет выбранных физических моделей произведен с помощью программы MS Excel 7.0. Для ускорения расчета и анализа напряженно-деформированного состояния бандажированной матрицы на языке Visual Basic 6.3 разработана компьютерная программа "Расчет натяга бандажированной технологической оснастки. V.1.3" (разработка выполнялась с участием А. Э. Паршуты).

Проведенный, с использованием компьютерной программы, анализ напряженно-деформированного состояния рабочих вставок технологической оснастки КИЗ СИТОМО показывает, от действия вероятностного натяга ($\delta_{p \text{ min}} = 0,102$ и $\delta_{p \text{ max}} = 0,125$ мм), что соответствует посадке с натягом $\varnothing 65 \text{ H}8/\text{u}8$, эквивалентное напряжение во вставке от контактных давлений - сжимающее $\sigma_{\text{э.кв.}} = - (16,0 \dots 25,0)$ кг/мм², а от усилия выдавливания растягивающее $\sigma_{\text{э.кв.}} = (22,9 \dots 26,9)$ кг/мм². Одновременное воздействие на вставку наружным и внутренним давлением вызывает во вставке в основном растягивающие напряжения $\sigma_{\text{э.кв.}} = (3,3 \dots 10,9)$ кг/мм², что меньше, чем в аналогичных сечениях в существующем варианте $\sigma_{\text{э.кв.}} = (8,9 \dots 15,3)$ кг/мм². Только в сечениях I-I

и II-II (рис.1) при максимальном натяге $\sigma_{\text{экв.}} = 0,125$ мм эквивалентные напряжения - сжимающие (-1,8 и -1,3 кг/мм, соответственно). Сохраняя вероятностный натяг в тех же пределах 0,102 - 0,125 мм и уменьшив радиус посадки 32,5 мм (конструктив технологической оснастки, используемой на КИЗ СИТОМО) до значения 28,5 мм, получаем для вставок всей номенклатуры сменных головок напряженно-деформированного состояние, характеризующееся в основном сжимающими напряжениями (-2,6...-9,3 кг/мм²). Растягивающие напряжения сохраняются лишь в сечениях II-III при минимальном значении вероятностного натяга $\sigma_{\text{экв.}} = 0,102$ мм.

В процессе эксплуатации технологической оснастки происходит ее разогрев, причем вставка разогревается до более высоких температур, чем бандажное кольцо. Разница температур нагрева вставки и бандажного кольца вызывает дополнительный натяг в соединении на величину:

$$\delta_T = 2 (L_1 R_1 T_1 - L_2 R_2 T_2),$$

где L_i R_i T_i - соответственно, коэффициенты линейного расширения, радиус срединной поверхности и изменение температуры деталей матрицы (вставки и бандажного кольца).

Учитывая, что вставка разогревается до температуры 300°C, а бандажное кольцо до 200°C, дополнительный натяг, вызванный разогревом технологической оснастки, будет равен - $\delta_T = 0,02$ мм.

Таким образом, с учетом разогрева технологической оснастки вероятностный натяг примет значения ($\delta_{p \text{ min}} = 0,122$ мм и $\delta_{p \text{ max}} = 0,145$ мм). Эквивалентное напряжение в опасных точках всех поперечных сечений вставки - сжимающие.

Полученные результаты анализа будут использованы БНТУ и КИЗ СИТОМО при разработке в 2004 г. рабочей конструкторской и технологической документации оснастки для процессов редуцирования и выдавливания.

На КИЗ «СИТОМО» прошла промышленную апробацию, при изготовлении партии торцовых ключей с рельефной гравюрой головки и шестигранной стержневой частью (рис.2), комплексная технология, основной формообразующей операцией которой является холодное редуцирование.

В качестве подготовительных перед холодным редуцированием операций производили точение или поперечно-клиновую прокатку ступенчатых заготовок (рис.2, а), отжиг заготовок до твердости 235-270 HV, их фосфатирование и омыливание.

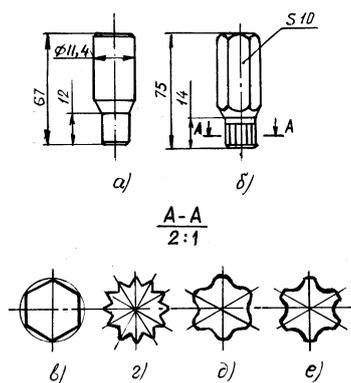


Рис.2. Торцовые ключи: а) исходная заготовка; б) готовое изделие; в), г), д), е) - варианты гравюры головки ключа.

На первом переходе редуцирования формируется рельефная гравюра головки в виде шлицов или других мелко модульных элементов требуемой конфигурации и размеров (рис.2, в-е), а на втором – стержневая шестигранная часть торцового ключа (рис.2, б).

Холодное редуцирование позволяет качественно формировать торцовые ключи при исходных диаметрах ступеней заготовок равных или близких описанным диаметрам их рельефных частей и степени деформации $\varepsilon \leq 30\%$. Напряженное состояние в очаге деформации характеризуется схемой всестороннего неравномерного сжатия, что способствует повышению пластичности обрабатываемого материала. Заготовка в процессе редуцирования непрерывно втягивается в матрицу, изменяя поперечное сечение и удлиняясь в осевом направлении.

На КИЗ «СИТОМО» при холодном редуцировании на проход между пуансоном с плоским рабочим торцом и заготовкой вводили промежуточную пластическую среду (рис.3) в виде прокладки (пыжа) из графита.

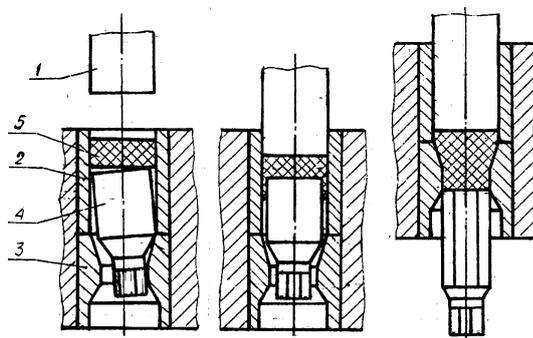


Рис.3. Схематическое изображение секундных очагов деформации. (1 – пуансон, 2 – контейнер, 3 – матрица, 4 – заготовка, 5 – пластическая среда).

В начальный момент деформации промежуточная пластическая среда сжимается пуансоном, заполняя зазор между направляющим участком

матрицы (контейнером) и заготовкой, при этом происходит центрирование заготовки относительно очка матрицы, способствующее уменьшению кривизны заготовки после ее деформации, снижению усилия деформации и уменьшению износа матрицы. В конце деформации (рис.3, в) промежуточная пластическая среда проталкивает заготовку через очко матрицы, что исключает возможность образования торцового заусенца. Частично остающаяся в матрице промежуточная пластическая среда при деформации последующей заготовки проталкивается через матрицу, производя ее очистку от грязи и механических частиц [3].

Редуцирование с промежуточной пластической средой обеспечивает уменьшение шероховатости деформируемых поверхностей до $Ra = 1,6$ мкм. Кривизна на длине редуцируемого участка 57 мм снижена до 0,1-0,2 мм, воротниковый заусенец на торце изделий исключен полностью. Кроме того, в штампе использован пуансон меньшей длины и упрощенной формы с плоским рабочим торцом.

Холодное редуцирование и последующее термоупрочение обеспечивают высокие прочностные и эксплуатационные показатели торцовых ключей из стали 40ХН: твердость 50-60 HRCэ, временное сопротивление разрыву 2000-2600 МПа, прочность при изгибе 3800-5000 МПа, прочность при кручении 1000-1500 МПа, ударная вязкость 20-60 Дж/см², сопротивление распространению трещин 160-270 кг/мм.