

Исследование прочности профильного соединения составной
холодновысадочной матрицы

В. С. Шпет¹, К. Н. Пантюхова¹, А.М. Каип¹

¹*Омский государственный технический университет*

Аннотация

Широкая номенклатура изделий, получаемых холодной объемной штамповкой, актуализирует исследования прочностных характеристик соединения составных матриц, используемых в холодновысадочных прессах-автоматах. Данное исследование направлено на изучение практической задачи определения прочности соединения твердосплавной втулки со стальным корпусом. На основе сочетания традиционных методов и инновационных форм соединения было установлено, что замена обычного соединения с натягом на профильное приводит к значительному повышению прочности.

Ключевые слова: профильное соединение, холодновысадочная матрица, усталостное старение, прочность.

При работе в условиях высокой производительности эффективность производства может быть достигнута за счет экономии и внедрения энерго- и ресурсосберегающих технологий. Поэтому для развития современного машиностроительного производства требуется применение новых прогрессивных методов изготовления технологической оснастки, внедрение которых позволит повысить эффективность использования оборудования, приведет к снижению затрат на изготовление инструмента, уменьшению себестоимости готовой детали.

Применение обработки металлов давлением и, в частности, методов холодной объёмной штамповки позволяет изготавливать конкурентоспособные детали, удовлетворяющие требованиям современного производства.

Одним из наиболее нагруженных элементов холодновысадочной оснастки при изготовлении крепежных изделий в процессе формообразования является матрица. Однако относительно низкая стойкость рабочего инструмента снижает эффективность кузнечно-штамповочного оборудования [1]. Исходя из этого, становится очевидным, что применение методов, повышающих износостойкость и долговечность рабочей оснастки, является актуальной задачей при изготовлении и ремонте штампового инструмента.

Рабочие поверхности холодновысадочной матрицы, вступающие в контактное взаимодействие с поверхностью исходной заготовки, подвергаются статическим и динамическим нагрузкам, необходимым для пластического деформирования с целью формообразования головки болта (винта) или гайки. Обеспечение износостойкости рабочих поверхностей матрицы при ее изготовлении осуществляется применением высокоуглеродистых сталей и твердых сплавов. Кроме того, на поверхности наносятся твердые покрытия из нитридов титана, карбидов вольфрама и других металлов. В отдельных случаях на поверхности наносятся ультрадисперсные алмазные порошки.

Цельные матрицы рекомендуется выполнять для высадки мелких и средних размеров винтов, а для более крупных размеров матрицы изготавливаются составными в виде двух цилиндров, скрепленных с определенным натягом [1]. В таких конструкциях рабочие поверхности выполняются на втулках, которые изготавливаются из дорогостоящих твердых сплавов (рис. 1).

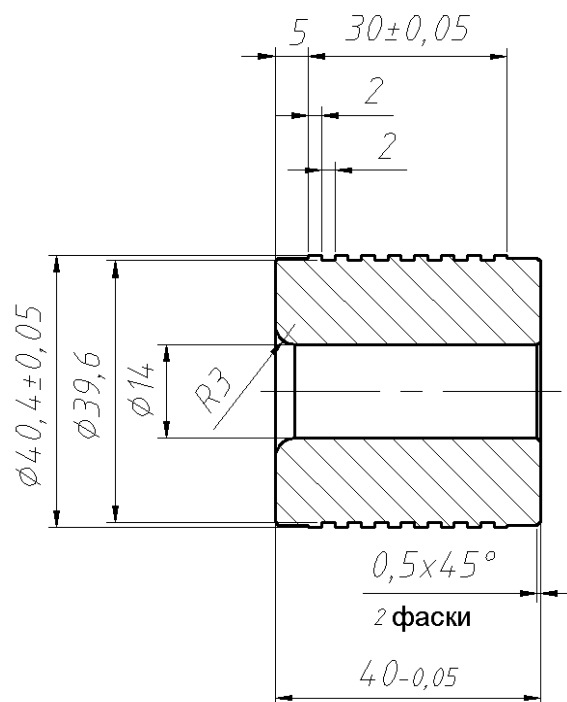


Рисунок 1 - Эскиз втулки из твердого сплава ВК 20 с волнистым профилем.

Втулки, в свою очередь, помещаются в корпус (рис. 2), выполненный из более дешевой стали, обладающей, соответственно, более низкими прочностными характеристиками (рис. 3). Подобные конструкции служат дольше цельного рабочего инструмента, а стоимость материала, идущего на их изготовление, снижается за счет использования сравнительно недорогих марок материала, из которых изготавливаются корпуса матриц. Возникает проблема прочности соединений втулки с корпусом. При многократном циклическом нагружении прочность соединения корпуса и втулки с течением времени уменьшается. В связи с этим представляется целесообразным использование профильных неподвижных соединений, у которых сопротивление относительно смещению (неподвижность) обеспечивается за счет искусственно создаваемого профиля на сопрягаемых поверхностях, способствующего появлению так называемого шпоночного эффекта, а также благодаря увеличению площади опорной поверхности [2].

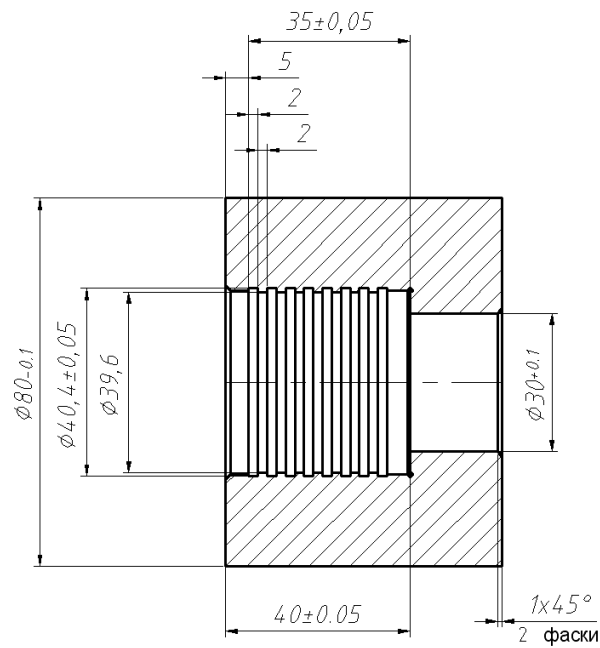


Рисунок 2 - Эскиз корпуса из стали 12ХН3А с прямоугольным профилем.



Рисунок 3 - Твердосплавная втулка и корпус.

Процессы потери прочности при статическом и динамическом нагружениях холодновысадочных матриц еще недостаточно полно изучены. В частности, экспериментально не выявлен закон накопления повреждений или других каких-то причинных факторов,

обуславливающих снижение первоначальных прочностных свойств составной матрицы.

Основываясь на ранее опубликованных результатах исследований [1–3], посвященных повышению работоспособности неподвижных соединений, можно утверждать, что наличие натяга совмещенного с профильным соединением способствует повышению прочности и неподвижности соединения. Увеличение площади контактной поверхности за счет замены гладкой сопрягаемой поверхности на профильную, приведет к большей неподвижности элементов.

Изучение процессов старения при износе инструмента в процессе обработки металлов, потери прочности неподвижных неразъемных соединений, усталостного старения составной матрицы показали, что динамика процессов старения подчиняется единому закону старения и может быть описана трансцендентными уравнениями вида

$$R(t) = R_0 e^{-\lambda t^\alpha} \quad (1)$$

$$S(t) = R_0 (1 - e^{-\lambda t^\alpha}) \quad (2)$$

Тем самым для этих частных случаев старения подтверждено существование единой ресурсной функции работоспособности, единого детерминированного закона старения объекта [4].

Образцами для исследований послужили втулка из твердого сплава ВК20 и корпус из высококачественной конструкционной стали 12ХНЗА. Для проведения эксперимента вставка запрессовывалась в корпус, нагретый до температуры 350^0 С. Опорное кольцо устанавливалось на рабочий стол универсальной испытательной машины на 50 т.с. с пульсатором 25 т.с. типа ГРМ-1. В опорное кольцо помещался корпус с запрессованной в него втулкой. На втулку устанавливался подготовленный к испытаниям ударник с наклеенным на его подготовленную поверхность тензорезистором (рис. 4, 5).



Рисунок - 4. Элементы составной матрицы и приспособления: 1 – вставка, 2 – корпус, 3 – опорное кольцо, 4 – ударник.



Рисунок 5 - Опытный образец, установленный на универсальную испытательную машину.

Составная матрица подвергалась циклическому нагружению при частоте пульсации $f=200$ Гц и усилии $P=20$ кН [5, 6]. Образец выдерживал заданный режим нагружения без изменений, поэтому через 50 000 циклов нагрузка была увеличена вдвое и составила $P=40$ кН, частота пульсации осталась прежней. При данном режиме нагрузки испытываемая сборная матрица так же не испытывала изменений.

С интервалом в 50 000 циклов нагрузка постепенно увеличивалась: 60 кН, 80 кН, 100 кН; частота пульсации сохранялась неизменной. При данных нагрузках движения втулки в корпусе матрицы не было.

При усилии $P=120$ кН опытный образец выдержал порядка 35000 циклов, после чего втулка начала «ползти». Соединение твердосплавной втулки с корпусом удалось разрушить при усилии $P=150$ кН (рис. 6).



Рисунок 6 - Твердосплавная втулка и корпус после эксперимента.

Проведенные эксперименты показали, что разрушение профильного неподвижного соединения наступает при усилии $P=150$ кН. Тогда как разрушение соединения гладкой твердосплавной втулки с корпусом при той же частоте пульсации $f=200$ Гц наступало уже при нагрузке $P=80$ кН. Нарушение неподвижности «гладкого» соединения наблюдалось при усилии $P=65$ кН, тогда как твердосплавная втулка с прямоугольным профилем на контактной поверхности, начинала «ползти» при усилии $P=120$ кН.

Выявлен сложный характер проявления разрушения профильных соединений и показано, что различные признаки износа в соединении твердосплавной втулки и корпуса составной матрицы обнаруживаются значительно позднее по сравнению с «гладкими» соединениями. Замена обычного соединения с натягом втулки и корпуса холодновысадочной матрицы на профильное, позволяет увеличить нагрузку в два раза.

Заключение

Проведенное исследование прочности соединения холодновысадочной матрицы показало, что накопление повреждений в сопряжении профильного соединения происходит по единому закону, а полученные результаты позволяют организовать предупредительный контроль работоспособности изделий и безотказную работу конструкций в течение определенного периода времени.

Библиографический список

1. Пантюхова К. Н. Профильные неподвижные соединения составных матриц для операций холодной высадки: монография. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2014. 111 с.

2. Моргунов А. П., Пантюхова К. Н. Моделирование процесса контактного взаимодействия профильного охватываемого элемента с цилиндрической обоймой методом конечных элементов в среде COSMOSWORKS // Омский научный вестник. 2011. № 2(100). С. 106–109.

3. Моргунов А. П., Пантюхова К. Н. Совершенствование конструкции штамповой оснастки и технологии тепловой сборки профильного соединения матрицы с твердосплавной вставкой // Омский научный вестник. 2011. № 2(100). С. 115–117.

4. Моргунов А. П., Пантюхова К. Н., Удодова А. В., Эдигаров В. Р. Технологическое обеспечение и оценка работоспособности высоконагруженных элементов штамповой оснастки // Вестник Сибирского отделения Академии военных наук: Междунар. выставка высокотехнологичной техники и вооружения, Омский регион. Омск, 2011. С. 273–278.

5. Безроднов Г. А., Кривонос Е. В., Пантюхова К. Н., Моргунов А. П. Разработка технологического процесса сборки и неразрушающий контроль профильного неподвижного соединения с упорядоченным макрорельефом // Теплофизические и технологические аспекты

повышения эффективности машиностроительного производства: тр. III Междунар. науч.-техн. конф. (Резниковские чтения) 12–14 октября 2011 г. Тольятти, 2011. С. 181–183.

6. Моргунов, А. П. Пантюхова К. Н., Литвиненко П. А. Конструкторско-технологическое обеспечение прочности профильного соединения при тепловой сборке // Проблемы разработки, изготовления и эксплуатации ракетно-космической и авиационной техники: материалы VI Всерос. науч.-техн. конф, посвященной памяти главного конструктора ПО «Полет» А. С. Клинышкова, 5–6 июля 2011 г. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2011. С. 165–168.