

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛАСТИЧНОСТЬ ПРИ ХОЛОДНОМ ВЫДАВЛИВАНИИ ГРАВЮРЫ ШТАМПОВОГО ИНСТРУМЕНТА: ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

И.Н. Степанкин, Е.П. Поздняков

Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого
г. Гомель, Беларусь

Исследована технологическая пластичность конструкционных и легированных сталей. Выявлены технологические параметры, обеспечивающие возможность получения сложнопрофильных гравюр штампового инструмента холодным выдавливанием

Ключевые слова: технологическая пластичность, инструментальные и конструкционные стали, штамповый инструмент

TECHNOLOGICAL PLASTICITY IN COLD EXTRACTION OF THE IMPACT OF THE STAMPING TOOL: PRACTICAL IMPLEMENTATION

I.N.Stepankin, E.P.Pazdniakou

Sukhoi State Technical University of Gomel,
Gomel, Republic of Belarus

The technological plasticity of structural and alloy steels has been studied. Technological parameters that provide the possibility of obtaining complex engraving engravings of a die tool by cold extrusion

Keywords: technological plasticity, tool and structural steels, die tools

E-mail: igor-stepankin@mail.ru

Изготовление сложнопрофильных гравюр инструмента для холодной объемной штамповки является важным технологическим переходом инструментального производства. Высокая точность деталей рисунка рабочей поверхности, востребованная на чеканочных штампах, делает обоснованным выбор в пользу холодного выдавливания формообразующей поверхности. Такая технология наряду с прецизионными характеристиками, позволяет избежать формирования межфазных дефектов, которые

зачастую возникают при получении рабочих поверхностей электроэрозионным способом [1]. Высокая пластичность сплавов, применяемых для изготовления пуансонов и матриц, достигается в первую очередь за счет оптимизации предварительной термической обработки. Для большинства высоколегированных сталей достижение максимальной пластичности сопряжено с проведением длительного термоциклического отжига с целью получения структуры зернистого перлита [2]. При этом, как правило, требуется применение защитной атмосферы, предохраняющей от интенсивного угара и обезуглероживания стали легированные хромом, ванадием, вольфрамом и молибденом. Зачастую противоречия между требованиями к подготовке материала и необходимостью экономии энергетических ресурсов, оказывают существенное влияние на результаты предварительной термической обработки по причине её сокращения во времени и упрощения до изотермического отжига. В такой ситуации получение низкой исходной твердости — менее 217 НВ, рекомендуемой для успешного проведения выдавливания гравюры из быстрорежущих и штамповых сталей [3], оказывается затруднено. Трансформация структуры в заготовках с большей твердостью приводит к накоплению внутрикристаллических дефектов и доследующие операции термического и химико-термического упрочнения не позволяют обеспечить высокую стойкость готового инструмента. В данной ситуации авторами предлагается диверсифицировать подход к материалу оснастки, применяя для низконагруженного инструмента, требующего выдавливания сложных гравюр — низколегированных конструкционных сталей, а инструмент, эксплуатируемый с высокими удельными нагрузками изготавливать с предварительным упрочнением высоколегированной стали и в последующем производить выдавливание гравюры «по упрочненному слою».

Объектами исследований являлись инструментальные и легированные стали: X12M, У8А, 40Х и 35ХГСА. Оценка технологической пластичности сталей проводилась в условиях сжатия с соответствии с ГОСТ 25.503-97. В качестве оборудования использовалась машина испытательная ИП-1250М-автомат производства ЗАО «Завод испытательных приборов и оборудования» (Россия) при скорости рабочего нагружения 0,8 кН/с. Испытания проводили на кубических образцах в состоянии поставки и дополнительно подвергнутых отжигу по стандартным режимам. Размер ребра составил 5 мм, количество — 5 шт. Обработка результатов осуществлялась в программе MS Office Excel 2013 с построением кривых сжатия.

Испытания на стойкость штампового инструмента, изготовленного с учетом разработанных рекомендаций, проводили в реальных производственных условиях.

Как показали сравнительные испытания, проведенные на примере образцов из наиболее широко используемых сплавов, технологическая пластичность таких сталей как X12M и У8А отражается схожими зависимостями. Меньшим пределом текучести отличается сталь У8А — 205 МПа (рис. 1). Для достижения полученных результатов заготовки из данного сплава У8А подвергали полному отжигу, из стали X12M — термоциклическому. Общая длительность последней операции составляла не менее 57 часов. Во всех случаях защита наружного слоя от выгорания осуществлялась с помощью инертных обмазок на основе жидкого стекла с кварцевым песком.

Анализ структурных изменений в образцах подвергнутых воздействию максимальной нагрузки, показал, что образцы из стали У8А приобрели структуру наклепа. Крупные по размерам зерна, сформированные в результате полного отжига, деформировались и приобрели продолговатую форму, вытянувшись вдоль направления пластического течения образцов. Особое внимание обращают на себя грубые границы, на которых заметны утолщения. В отличие от нелегированной инструментальной стали признаки наклепа в высокохромистом сплаве — X12M, проявляются в первую

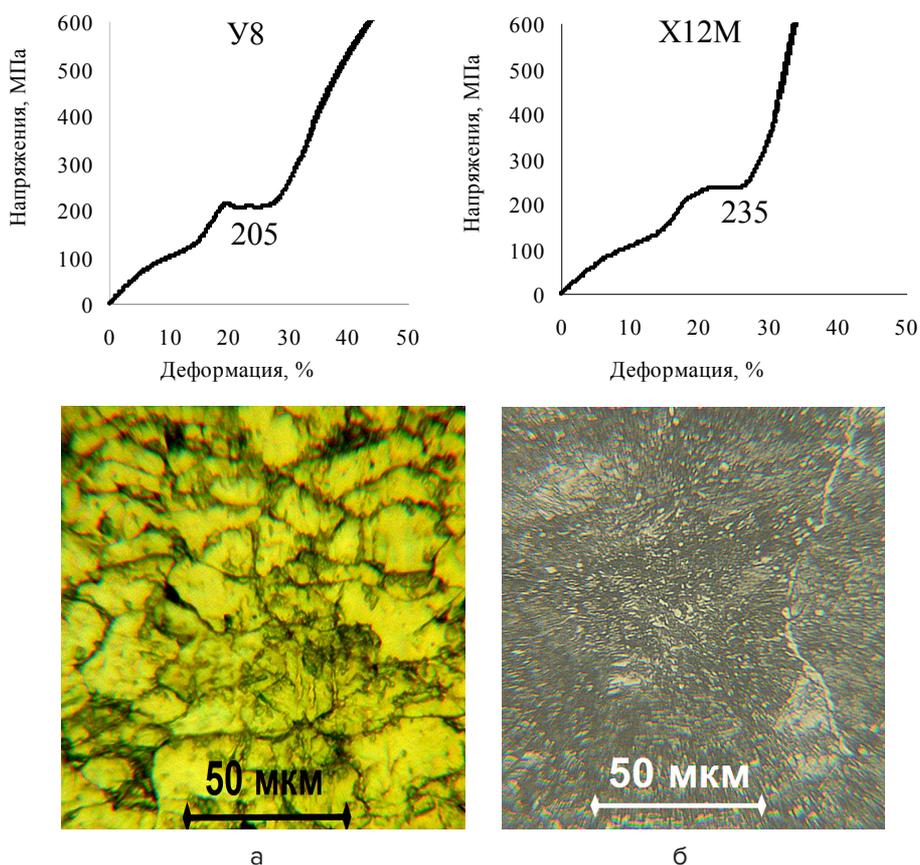


Рис. 1. Результаты механических испытаний по осадке образцов инструментальных сталей и структура сплавов после проведения испытаний:
а — У8А, б — Х12М

очередь за счет изменения ориентации карбидных включений, в виде продолговатых пластинок с размерами до 10 мкм, встроенных в перлитную матрицу. В окрестности межзеренных границ выявлено наличие крупных очагов ледебуритной ликвации, внутри которых присутствуют линии скольжения.

Производственные испытания проводили при изготовлении мелкоразмерного штампового инструмента для холодной высадки крестообразных шлицев на головках винтов — саморезов (рис. 2 а). Они показали, что инструмент, изготавливаемый из всех исследованных сталей, отличался низкой стойкостью. Причиной отказа являлось разрушения выступающей части пуансона хрупким сколом. Дополнительным недостатком, выявленным при производстве пуансонов, была низкая пластичность сплавов, что вынуждало разбивать процесс выдавливания на две стадии для сталей У8А и три-четыре перехода для Х12М. Для восстановления пластичности проводили промежуточные отжиги в защитной атмосфере.

Технологические и эксплуатационные недостатки были устранены за счет применения в качестве материала низколегированных сталей 35ХГСА и 40Х. Для получения заданной твердости и износостойкости инструмент после выдавливания рабочей поверхности подвергали науглероживанию и закалке с низким отпуском [4]. Испытания по определению технологической пластичности в холодном состоянии показали результаты соизмеримые с инструментальными сплавами. Как видно из рис. 3 а, кривые деформации образцов стали 35ХГСА подвергнутых полному отжигу, а также испытанных в состоянии поставки имеют близкую форму.



Рис. 2. Рабочая поверхность отделочных пуансонов для изготовления винтов-саморезов:
а — перед началом эксплуатации, б — после отказа

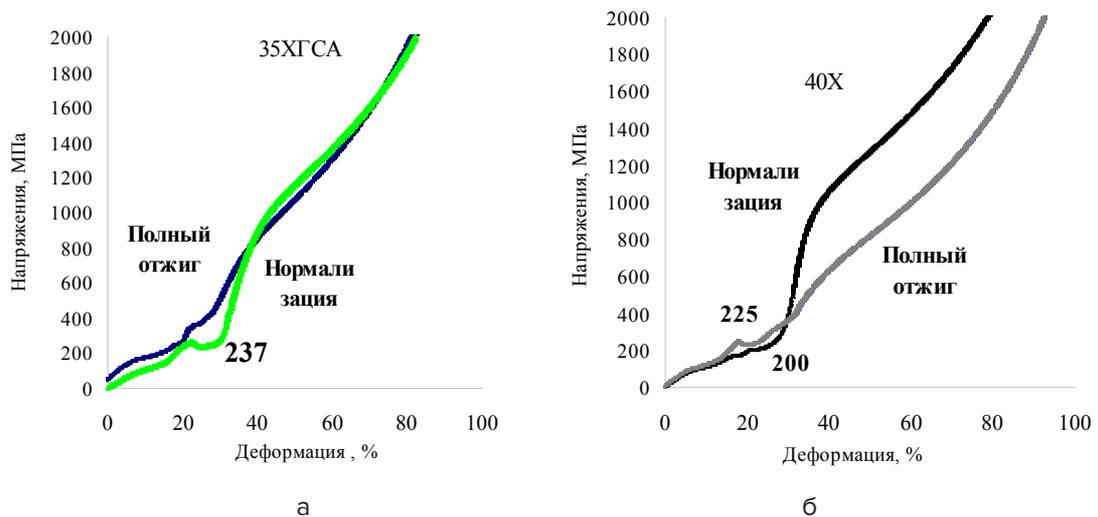


Рис.3. Результаты механических испытаний по осадке образцов конструкционных сталей и структура сплавов после проведения испытаний:
а — 35ХГСА, б — 40Х

Структура образцов подвергнутых нормализации (состояние поставки) отличалась более крупными размерами перлитных зерен, которые окружены тонкими ферритными прослойками (рис. 4, а). Как и следовало ожидать, осадка образцов не изменила соотношения между объемами рассматриваемых фаз, лишь обеспечив изменение формы перлитного зерна. На диаграмме сжатия нормализованных образцов при напряжении 237 МПа выявлена более заметная площадка текучести, чем у образцов подвергавшихся полному отжигу. Зона повышенной текучести отмечена в диапазоне деформаций 20–30%. Это проявление является важным достижением для получения гравюры инструмента с высокой сложностью выдавливаемого профиля. Анализ структуры отожженных образцов показал, что осадка аналогичным образом отразилась на форме перлитного зерна. Отличительной особенностью является иная

морфология ферритной ликвации. На микрошлифе (рис. 4, б) заметны крупные обособленные ферритные зерна, которые после осадки, также как и перлитные приобрели продолговатую форму. Обеспечивая меньшую однородность сплава, чем у образцов, подвергнутых нормализации.

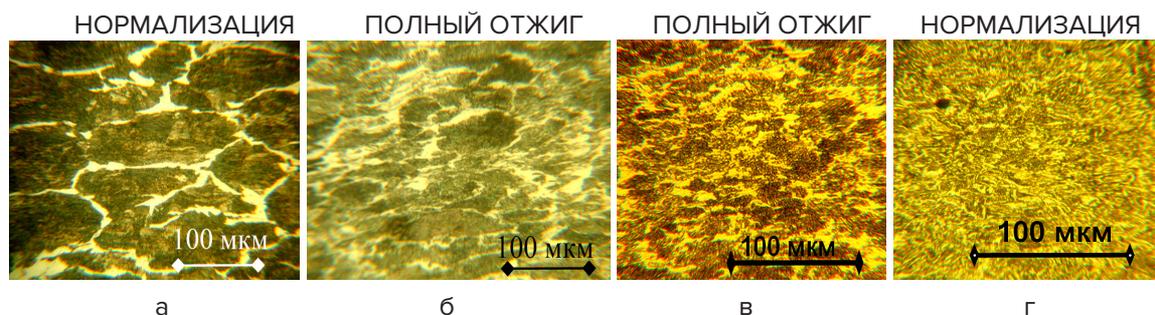


Рис.4. Структура сплавов после проведения испытаний:
а, б — 35ХГСА, в, г — 40Х

Отмеченные тенденции нашли свое отражение при исследовании стали 40Х. Испытания по оценке технологической пластичности показали, что поведение сплава при осадке, проведенной с образцами в состоянии поставки (нормализация) и после полного отжига, описывается близкими закономерностями. В обоих случаях кривые имеют характерную площадку, отражающую повышение текучести металла, которая возникает при 225 и 200 МПа у образцов подвергнутых нормализации и полному отжигу соответственно (рис. 3, б). Испытания образцов при напряжениях выше указанных значений показали, что полный отжиг позволяет придать материалу большую пластичность. В тоже время, структура отожженных образцов отличалась выраженным перлитно-ферритным строением (рис. 4, в). Несмотря на преимущественно зернистое строение перлита, рекомендованное для выдавливания формообразующих поверхностей инструмента, металл унаследовал от недеформированной заготовки ферритную ликвацию. В некоторых объемах металла образцов до деформации была отмечена ферритная полосчатость. Учитывая, что при изготовлении формообразующей поверхности деформирующего инструмента из низколегированных среднеуглеродистых сталей, в дальнейшем необходима цементация поверхностного слоя, структура с ферритной ликвацией является менее подходящей чем более однородное распределение фаз, приобретаемое после нормализации [4]. Это преимущество является важным для формирования структуры и свойств модифицированного слоя, а также сердцевины материала. Исходя из высказанных соображений, с учетом меньших затрат на проведение предварительной термической (перед выдавливанием) обработки, более предпочтительным является использование заготовок в состоянии поставки

Заключение

1. Испытания по осадке образцов из инструментальных сталей Х12М и У8А, а также конструктивных низколегированных 35ХГСА и 40Х показали, что их диаграммы сжатия описываются близкими закономерностями.

2. Сталь У8А, подвергнутая полному отжигу для получения максимальной пластичности в холодном состоянии, после деформации с предельными значениями приобретает структуру наклепа, в которой сохраняется крупнозернистое строение сплава. Это способствует формированию неравномерных по толщине границ между отдельными зёрнами сплава и снижает ударную вязкость сложнопрофильного

штампового инструмента, полученного холодным выдавливанием. Карбидная фаза стали X12M в процессе холодной осадки формирует выраженную внутризеренную ликвацию пластинчатого строения с очагами крупных ледебуритных зерен, в которых обнаружены линии скольжения. Структурные дефекты, приобретенные в процессе выдавливания сложнопрофильных поверхностей инструмента, также снижают локальную прочность материала и уменьшают его стойкость к ударным нагрузкам.

3. Анализ структурных изменений в сталях 35ХГСА и 40Х показал, что их строение после предельной пластической деформации не имеет внутрикristаллических и межкristаллических дефектов. Материал удовлетворительно перераспределяет внешнюю нагрузку между фазовыми составляющими ферритом и перлитом, за счет их близких деформационных характеристик. Это позволяет получить качественную рабочую поверхность инструментов — отделочных пуансонов за один переход выдавливания против нескольких переходов с промежуточными отжигами для заготовок из инструментальных сталей.

4. Структурные особенности отражают преимущество сталей 35ХГСА и 40Х в состоянии поставки после проведенной нормализации. Это формирует более однородное распределение фаз сплавов — феррита и перлита при соизмеримых показателях технологической пластичности нормализованных и отожженных заготовок. При этом сокращение длительности предварительной обработки заготовок за счет отказа от энергозатратного полного отжига увеличивает рентабельность инструментального производства. Замена высоколегированной стали X12M на конструкционные легированные 35ХГСА и 40Х с диффузионным упрочнением поверхностного слоя позволяет достичь трехкратного повышения стойкости отделочных пуансонов для высадки крестообразного шлица на винтах-саморезах, класса прочности и маркировки логотипа изготовителя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кенько, В. М. Влияние микроструктуры штамповой холодновысадочной оснастки на её износостойкость / В. М. Кенько, И. Н. Степанкин. — Трение и износ, 2000, т.21, №3. — С. 323–328.
2. Артингер, И. Инструментальные стали и их термическая обработка. Пер. с Венгерского. Справочник / И. Артингер. — М. Металлургия. 1982.
3. Бунатян, Г. В. Холодное выдавливание деталей формующей технологической оснастки / Г. В. Бунатян, В. А. Скуднов, А. И. Хыбемяги. — М. : Машиностроение, 1998.
4. Степанкин, И. Н. К вопросу изготовления мелкогабаритного штампового инструмента из экономнолегированных сталей с диффузионным упрочнением поверхностного слоя / И. Н. Степанкин, Е. П. Поздняков // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением, 2015. №9 — С.25–32.

REFERENCES

1. Ken'ko V. M., Stepankin I. N. Vliyanie mikrostruktury shtampovoj holodnovysadochnoj osnastki na eyo iznosostojkost' [Influence of the microstructure of the die-cast cold-setting tool on its wear resistance]. *Trenie i iznos* [Friction and wear], 2000; vol. 21, iss. 3, pp. 323–328. (in Russian)
2. Artinger I. Instrumental'nye stali i ih termicheskaya obrabotka [Instrumental steels and their heat treatment]. *Per. s Vengerskogo. Spravochnik* [Trans. From Hungarian. Reference book]. Moscow, Metallurgiya, 1982. (in Russian)
3. Bunatyan G. V., Skudnov V. A., Hybemyagi A. I. Holodnoe vydavlivanie detalej formuyushchej tekhnologicheskoy osnastki [Cold extrusion of details of forming tooling]. Moscow, Mashinostroenie, 1998. (in Russian)

4. Stepankin I. N., Pozdnyakov E. P. K voprosu izgotovleniya melkorazmernogo shtampovogo instrumenta iz ehkonomnolegirovannykh stalej s diffuzionnym uprochneniem poverhnostnogo sloya [On the issue of manufacturing a small-sized stamping tool from economically alloyed steels with diffusion hardening of the surface layer]. Kuznechno-shtampovoye proizvodstvo. Obrabotka materialov davleniem [Forging-stamping production. Processing of materials by pressure]. 2015; iss. 9, pp.25–32. (in Russian)

Статья поступила в редакцию 21.04.17