

СТОЙКОСТЬ ИНСТРУМЕНТА ПРИ ХОЛОДНОЙ ШТАМПОВКЕ НОРМАЛЕЙ И МЕТИЗОВ

Е.Г. Белков

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск

Приведены результаты прочностных испытаний на сжатие большинства конструкционных и инструментальных сталей, применяемых для холодной высадки. Показано, что начальным коэффициентом, определяющим стойкость инструмента, является отношение прочности инструмента к прочности штампуемой детали. При расчете штамповой оснастки необходимо знать предел прочности инструмента на сжатие, но в известной нам литературе приводится только твердость HRC = 60–62. Табличный перевод твердости в предел прочности однозначен для всех инструментальных сталей. Но на практике может быть значительное различие в прочностных свойствах при закаливании инструмента, несмотря на стабильность твердости. Поэтому проведенные эксперименты имеют большое практическое значение. Работа проведена на универсальном испытательном стенде. Образцы для испытаний на сжатие имели размер высотой 10 мм, диаметром 5 мм и опирались на прочные широкие подкладки.

Ключевые слова: прочность; инструментальная сталь; твердость.

Под стойкостью инструмента понимается количество изготовленных деталей до поломки или выкрашивания кромок инструмента (прочность), или износ инструмента, т. е. изменение размеров до пределов допуска на этот размер (износостойкость). Оба параметра зависят от многих факторов: термообработка, смазка, геометрические параметры формоизменения и др. При этом самым обобщающим показателем является соотношение прочностей инструмента и штампуемой детали. Обозначим этот показатель $\bar{p} = \sigma_c / \sigma_s$, где σ_c – прочность на сжатие материала термообработанного инструмента; σ_s – прочность на сжатие штампуемого материала, т. е. начало пластического участка диаграммы сжатия. Не менее важным фактором стойкости инструмента являются геометрические соотношения при формообразовании деталей. Например, соотношение диаметров пуансона и контейнера с заготовкой при стесненном обратном выдавливании, глубина внедрения пуансона в полупространство и др.

Введем еще один параметр – удельная нагрузка на инструмент $\bar{p} = P/F$, где P – сила, действующая на пуансон; F – площадь пуансона. Наши рассуждения больше касаются таких операций, как различные виды выдавливания, редуцирование, осадка, чеканка, внедрение пуансона в полупространство. Хотя они условно применимы и для других видов штамповки.

Можно рассматривать еще один параметр – коэффициент запаса прочности инструмента $k = \sigma_c / \bar{p} = \sigma_c \cdot F/P$, где σ_c – прочность инструмента на сжатие. Примером технологической операции с наибольшим запасом по прочности инструмента может служить обратное выдавливание свинцовой рубашки как одного из трех элементов пули стрелкового оружия в закрытой матрице на роторной линии. В боковой стенке матрицы про-

сверлено небольшое отверстие, через которое выдавливается излишний объем свинца в виде тонкой проволоки. А сама деталь при этом имеет постоянный объем и вес, что важно для точной стрельбы. Благодаря значительной разнице в прочности инструмента и свинца показатель \bar{p} значителен и составляет $\bar{p} = \sigma_c / \sigma_s \approx 2000/17 = 117$. Это и позволяет осуществить такой процесс выдавливания через маленькое отверстие без поломки инструмента. Для штамповки из стали и даже из алюминия такой процесс неприемлем, так как удельные нагрузки на инструмент будут превышать предел прочности инструмента.

На заводе «Автономаль» (г. Белебей, Башкортостан) изготавливается до 3000 наименований деталей высадкой и штамповкой на автоматах для ВАЗа, КАМАЗа и их смежников. И это в первую очередь стержневые детали: болты, винты, пальцы, шпильки, штифты, различные заклепки и др. А также много других деталей, в том числе много гаек, пружин, шайб, колец и др. При этом применяется много конструкционных и инструментальных сталей. Для того, чтобы правильно выбрать материал для инструмента по параметру \bar{p} для конкретной конструкционной стали составлены табл. 1 и 2. Таблицы составлены на основании многолетних экспериментальных исследований образцов на сжатие. Образцы высотой 10 мм и диаметром 5 мм подвергались сжатию на испытательной машине до начала пластической деформации у конструкционных сталей (σ_s) или до поломки или выкрашивания кромок у инструментальных сталей (σ_c). При этом торцы образцов опирались на прочные широкие подкладки.

Приведенные в таблице данные получены в лабораториях завода «Автономаль», поэтому они могут в какой-то степени не совпадать с приведенными прочностными характеристиками в спра-

Таблица 1

Механические свойства конструкционных сталей
для холодной высадки автономалей и метизов на автоматах

Марка	Прочность при сжатии σ_s , МПа			Примечание
	При поставке	После отжига	Закаливание + отпуск	
08 кп (08 пс)	380–540	300–450	–	Не закаливаются
10 (10кп)	450–600	300–450	–	Не закаливаются
20 (20 кп)	–	370–540	–	
35 (35 селект)	500–650	430–560	990	
45	680	560	1270	
20Х	–	–	800	
12Г1Р	570	490	830	
20Г2Р	620	560	950	
30Г1Р	680	610	1020	
40Х	800	–	1050	
65Г	800	550	1000	
70ХГФА	1700	–	–	В упрочненном состоянии
Л63	350	–	–	Латунь

Таблица 2

Механические свойства инструментальных сталей
для холодной высадки автономалей и метизов на автоматах

Марка	Прочность при сжатии после закалки σ_c , МПа
У8А	2400
У10А	3000
ХВ1Г	3700
9ХС	3600
Х12МФ	4200
Х12МВ	4000
Р6М5	4600
Р18Ф	3800
ВК8	5230

вочниках. Тем более, что у инструментальных сталей практически нет справочных данных по прочности при испытаниях на сжатие. Они испытываются на твердость. А хрупкий излом может произойти при сжатии со значительным отклонением и рассеиванием предела прочности σ_b , полученного при переводе HRC в σ_b по таблицам, которые приведены в справочниках. Все зависит от химсостава и режимов термообработки. Твердость твердого сплава ВК8 HRC \approx 80. Можно условно пересчитать прочность твердого сплава по формуле В.Н. Шалина [1]

$$\sigma_c = 0,13(\text{HRC})^2 - 5,8(\text{HRC}) + 155 = 5230 \text{ МПа.}$$

Следует отметить, что повышение твердости твердого сплава (HRC = 80) на 33 % по сравнению с твердостью инструментальной стали (HRC = 60) дает увеличение износостойкости до 10 раз, т. е. до 900 %.

У более хрупких инструментальных сталей разница между прочностью на сжатие σ_c , на изгиб

σ_n и растяжение σ_p значительна. Например, для сталей Р6М5 и Р18Ф были изготовлены и испытаны образцы на растяжение, а для стали Р18Ф и на изгиб по схеме двухопорной балки.

$$\text{Р6М5} \quad \sigma_c = 4600; \quad \sigma_p = 2000 \text{ МПа}$$

$$\text{Р18Ф} \quad \sigma_c = 3800; \quad \sigma_n = 2800; \quad \sigma_p = 1800 \text{ МПа}$$

Результаты испытаний показывают, что хрупкие инструментальные стали имеют прочность на изгиб и растяжение меньше в 2 с лишним раза по сравнению с прочностью на сжатие.

Но вернемся к показателю $\bar{p} = \sigma_c / \sigma_s$. Очевидно, что минимальное его значение может быть для самой простой операции – начало осадки заготовки пуансоном с диаметром, равным диаметру заготовки. В этом случае прочность пуансона минимальна и $\bar{p}_{\min} = 1$. Процесс штамповки становится нереальным. Отштампованная заготовка становится бесформенной. При другой тоже простой операции – внедрение пуансона в полупространство – начало деформации происходит с

$\bar{p} = 2,6$ [2], т. е. прочность пуансона может быть $\sigma_c = 2,65 \sigma_s$ ($\bar{p}_{\min} = 2,6$) (см. обозначения выше). При дальнейшем внедрении пуансона в полупространство удельная нагрузка на пуансоне $\bar{p} = 4$, т. е. пуансон должен быть прочнее штампуемого материала как минимум в 4 раза. Это соответствует коэффициенту $\bar{p} = 4$. Приемлемая стойкость инструмента достигается при $\bar{p} = 3 \div 5$.

Износостойкость в данной статье не рассматривается, так как зависит от многих параметров. Однако один из примеров резкого увеличения износостойкости можно привести. Это секторные гаечные матрицы. Внутренняя вставка разрезана на 6 секторов, которые собраны в 2 банджа. Такая конструкция позволяет после распрессовки шлифовать поверхности секторов, образующих грани гаек, с особой чистотой (до 16 класса), т. е. в гранях секторов отражается все, как в зеркале. Такая матрица может не изнашиваться при штамповке до 3 млн гаек. Несекторные матрицы, изготавливаемые по традиционной технологии, имеют стойкость только 300 тыс. штук. Износа граней секторов не происходит до $\sim 2,5$ млн штук, пока не потускнеет их поверхность. Далее начинается их износ и через 300 тыс. ходов они изнашиваются до пределов допусков.

Вывод

1. Изготовлены образцы и проведены прочностные испытания на сжатие большинства конструкционных и инструментальных сталей, применяемых для холодной высадки нормалей и метизов.

2. Показано, что начальным коэффициентом, определяющим стойкость инструмента, является отношение прочности инструмента к прочности штампуемой детали. Этот коэффициент увеличивается с усложнением схемы и условий деформирования.

3. Практика показала, что приемлемая стойкость инструмента достигается для простых формообразований (например, осадка, но не чеканка) при $\bar{p} = 3 \div 5$. Для более сложных высоконагруженных операций обработки давлением (например обратное выдавливание) следует проводить расчет усилия и выбирать инструмент по другому коэффициенту $\bar{p} = P/F$.

Литература

1. Шалин, В.Н. Расчет упрочнения изделий при их пластической деформации / В.Н. Шалин. – М.: Машиностроение, 1971. – 192 с.
2. Сторожев, М.В. Теория обработки металлов давлением: учеб. для вузов / М.В. Сторожев, Е.А. Попов. – М.: Машиностроение, 1977. – 423 с.

Белков Евгений Григорьевич, д-р техн. наук, профессор кафедры машин и технологий обработки материалов давлением, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск; belkoveg@susu.ru.

Поступила в редакцию 6 апреля 2015 г.

DOI: 10.14529/met160119

TOOL STABILITY UNDER COLD STAMPING OF ROD PARTS AND HARDWARE

E.G. Belkov, belkoveg@susu.ru

South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

The results of compressive strength tests of many structural and tool steels used for cold heading are listed. It is shown that the initial factor determining tool stability is the ratio of the tool strength to the stamped part strength. While calculating die tooling it is necessary to know the tool ultimate compressive strength, though known literature lists only hardness (HRC 60–62). Table conversion of hardness to ultimate strength is single-valued for all tool steels. But in practice considerable difference in strength properties while hardening the tool is possible in spite of stable hardness. This indicates the importance of this study. The work is carried out with the help of the versatile testing facility. The samples under compression test were 10 mm in height, 5 mm in diameter and were supported on strong wide pads.

Keywords: strength; tool steel; hardness.

References

1. Shalin V.N. *Raschet uprochneniya izdeliy pri ikh plasticheskoy deformatsii* [Calculation of Strengthening of Products in Plastic Deformation]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1971. 192 p.
2. Storozhev M.V., Popov E.A. *Teoriya obrabotki metallov davleniem*. [Theory of Metal Forming]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1977. 423 p.

Received 6 April 2015

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Белков, Е.Г. Стойкость инструмента при холодной штамповке нормалей и метизов / Е.Г. Белков // Вестник ЮУрГУ. Серия «Металлургия». – 2016. – Т. 16, № 1. – С. 131–134. DOI: 10.14529/met160119

FOR CITATION

Belkov E.G. Tool Stability Under Cold Stamping of Rod Parts and Hardware. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Metallurgy*, 2016, vol. 16, no. 1, pp. 131–134. (in Russ.) DOI: 10.14529/met160119
