

ЛИКВИДАЦИЯ РАЗРУШЕНИЯ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ВОЛОК ПРИ ОБРАБОТКЕ ПОЛОС ИЗ СПЛАВОВ ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЯ

LIQUIDATION OF DESTRUCTION IN PROCESSING CARBIDE PORTAGES ALLOY BANDS ELECTRICAL

Л.М. Железняк, К.И. Сивоконь

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Институт материаловедения и металлургии, кафедра обработки металлов давлением, г. Екатеринбург, Россия

di_fendi_kristi@mail.ru

Abstract

Carbide dies with the traditional channel parameters showed an unsatisfactory resistance to fracture during drawing nichrome and ferrochrome bands. In order to increase their resistance by forces favorable direction normal to the surface of the canal zone, reducing the probability of failure, a die complied with the length of the output area equal to 0.24-0.32 the full length of the channel. With the improved channel smoothed voltage in weakened areas in the zone of action of maximum stress they confront a larger section of the insert and holder, reduced stress intensity, the destruction of insertions eliminated.

Библиография по волочению (например [1–5]) информирует о параметрах волочильного канала (рабочей и калибрующей зон, кратко – о смазочной и входной зонах), однако крайне бедны данные о выходной зоне. В частности, упомянуто, что она предназначена для предохранения от сколов выходной кромки калибрующей зоны и предупреждения травмирования металла об эту кромку при неустойчивости процесса: вибрации переднего конца, несоосности канала, заготовки и изделия, динамических рывках в момент пуска стана и др. Исключение – источник [1], в котором форма выходной зоны рассмотрена более подробно:

– во первых, отмечено, что она имеет важное значение при производстве проволоки на машинах многократного волочения со скольжением (авторами этот вид волочения не рассматривается);

– во вторых, указано, что форма выходной зоны может быть конической, полусферической или комбинированной, что также не столь важно с учетом тематики настоящей публикации;

– в третьих, (и это является весьма важным) сообщается, что «выходная зона смещает зону деформации ближе к середине высоты волокна», т.е. согласно общепринятой терминологии, выходная зона смещает очаг деформации ближе к середине длины волочильного канала.

И хотя о длине выходной зоны в известных источниках практически ничего не сказано, ее длина становится немаловажным компонентом мер, направленных на повышение стойкости твердосплавных волок в производстве полос из труднодеформируемых сплавов, прочность которых резко возрастает вследствие холодного упрочнения; именно к таким сплавам относятся нихромы и ферронихромы. Кроме того, стремление к сокращению маршрутов волочения путем повышения частных (разовых) коэффициентов вытяжки дополнительно увеличивает нагрузку на инструмент.

Твердосплавные волокна с традиционными формой и размерами зон канала, успешно используемые при волочении полосовых профилей (шин и коллекторных полос) из меди и низколегированных

бронз, показали крайне неудовлетворительную стойкость против разрушения в рассматриваемой ситуации, особенно для нихромовых полос повышенной ширины (~40 мм), а именно: в лучшем случае в волоку удавалось протягивать ~ 200 кг полос с чистовым сечением 4х40 мм, в худшем (при максимальном фактическом отклонении толщины горячекатаной заготовки +0,5 мм) твердосплавная вставка разрушалась после протяжки первого же бунта; излому нередко подвергалась также стальная обойма волокна.

Задачу повышения стойкости вставок против разрушения путем более благоприятного направления нормальных к поверхности канала сил решили тем, что отношение длины выходной зоны $\ell_{\text{вз}}$ к полной длине волочильного канала ℓ_{Σ} установили в интервале 0,24 – 0,32 [6].

Нормальная к поверхности канала в его рабочей зоне ^{*)1} и действующая на твердосплавную вставку традиционного исполнения и стальную обойму сила имеет неблагоприятное направление по сравнению с направлением действия этой силы в усовершенствованной вставке. В известной вставке она направлена на заднюю, опирающуюся на дно обоймы поверхность вставки, т.к. в этом месте суммарное сечение вставки и обоймы снижено, то оно в принципе не может оказать производственных распорной силы, и, как следствие, излом вставки, с учетом произведенных условий, становится неизбежным, что подтверждается на практике.

В усовершенствованной вставке точки приложения распорных сил смещены в направлении входа в канал, и этим силам противостоит суммарное сечение вставки и обоймы, значительно укрупненное по сравнению с традиционной вставкой как за счет увеличенной в этом месте толщины вставки, так и вследствие повышенного сечения обоймы. Кроме того, в этом случае боковая поверхность вставки взаимодействует не непосредственно с

^{*)1} Далее эта сила для краткости названа распорной.

обоймой, а через слой латунного припоя (предназначенного для закрепления в обойме вставки), что дополнительно компенсирует негативное действие распорной силы.

В качестве подтверждения опасности разрушения вставки далее приведен расчет напряжения, порождаемого распорной силой, действующей на большую грань рабочей зоны при волочении полосы из нихрома Х20Н80-Н. Согласно формуле верхней оценки [7] среднее нормальное напряжение, воздействующее на поверхность большей грани рабочей зоны при плоском деформированном состоянии:

$$\sigma_{\text{нсп}} / 1,15\sigma_s = 1 + 0,25l_{\text{од}} / h_{\text{ср}},$$

где σ_s – среднее по очагу сопротивление холодной деформации сплава; $\sigma_s = 800 \text{ МПа}$; $l_{\text{од}}$ – длина очага деформации; $h_{\text{ср}}$ – средняя его высота.

Для первого прохода волочения при деформации заготовки $ch_0 = 6 \text{ мм}$ на промежуточную заготовку с $h_1 = 5 \text{ мм}$, т.е. при абсолютном обжатии $\Delta h = 1 \text{ мм}$ и при минимальном полуугле рабочей зоны $\alpha = 3^0$, получаем

$$l_{\text{од}} = (\Delta h / 2) / \text{tg } 3^0 = 9,54 \text{ мм};$$

$$h_{\text{ср}} = (6 + 5) / 2 = 5,5 \text{ мм}; \quad \sigma_{\text{нсп}} = 1319 \text{ МПа}.$$

Значение $\sigma_{\text{нсп}} = 1319 \text{ МПа}$ приближается к допускаемому напряжению на изгиб твердого сплава марки ВК8, равному 1666 МПа [8], и это – доказательство причины излома вставок, особенно с учетом отмеченных выше условий производства, к которых следует дополнительно присовокупить интенсивный износ канала вследствие высокой адгезионной способности нихрома по отношению к материалу вставки.

Далее приведено обоснование рекомендованного интервала $l_{\text{вз}} / l_{\Sigma} = 0,24 - 0,32$ [6]. При нижнем пределе интервала $l_{\Sigma} = 25 \text{ мм}$ получим $l_{\text{вз}}^{\text{min}} = 0,24 \times 25 = 6 \text{ мм}$. Следовательно, соответственный (равновеликий) полюс круга (после корректировки слишком низкого по [1] отношения $l_{\text{вз}} / d_k = 0,05$ до величины $l_{\text{вз}} / d_k = 0,2$, где d_k – диаметр калибрующей зоны) будет иметь диаметр $6 / 0,2 = 30 \text{ мм}$. При верхнем пределе интервала, равном $0,32$, $l_{\text{вз}}^{\text{max}} = 0,32 \times 25 = 8 \text{ мм}$, следовательно, соответственный круг имеет диаметр $8 / 0,2 = 40 \text{ мм}^{*)2}$. Прутки диаметром 30–40 мм, получаемые волоче-

нием, на самом деле являются довольно крупными. Если же использовать рекомендованное в [1] отношение $l_{\text{вз}} / d_k = 0,05$, то рассчитанная для прутка

диаметром 30 мм $l_{\text{вз}} = 1,5 \text{ мм}$, а для прутка диаметром 40 мм $l_{\text{вз}} = 2,0 \text{ мм}$. Очевидно, что такие значения

$l_{\text{вз}}$ не могут быть приемлемыми для практического применения. Таким образом, диапазон отношения $l_{\text{вз}} / l_{\Sigma} = 0,24 - 0,32$ представляется вполне адекватным ситуации, т.к. обеспечивает достижение поставленной цели.

Для оценки уровня напряжений в теле твердосплавной вставки выполнили расчет полей напряжений по методике, изложенной в [9]. Сравнение картин полей напряжений (здесь не приводятся), возникающих от распорных сил, показывает явные преимущества усовершенствованного канала, а именно: существенно уменьшены площади зон действия опасных напряжений в теле вставки по сравнению аналогичными зонами в теле вставки традиционного исполнения. При выполнении канала с удлинённой согласно [6] выходной зоной достигнуто более благоприятное распределение полей напряжений в теле вставки, а именно: сглажено их кумулятивное действие в ослабленных местах вставки; снижена интенсивность напряжений; в зоне действия максимальных напряжений им противостоят более крупное сечение вставки более массивная часть обоймы.

Характерной особенностью, обусловленной спецификой конкретного передела, является намеренное отклонение направления силы волочения от оси канала вниз – с целью уменьшения диаметра протянутого бунта до величины, определяемой габаритом рабочего пространства шахтной электропечи. Вследствие высоких упругих характеристик сплавов бунт после волочения проявляет пружинные свойства, произвольно развёртываясь и увеличивая свой диаметр, если не принять меры для компенсации этого явления. Такой мерой является использование волочильной машины со сниженным диаметром барабана: вместо положенного для волочения нихромовых и ферронихромовых полос стана ВСГ 1/1000 используют стан ВСГ 1/650; это ограничивает диаметр бунта в развёрнутом виде ~1000 мм, и такой бунт беспрепятственно отжигают в шахтной электропечи. Однако эта мера – отклонение вниз силы волочения – приводит к дополнительному нагружению нижней части волочильной вставки, усугубляя её склонность к разрушению. Тем не менее, эту склонность практически полностью удалось исключить благодаря использованию волочильного канала с указанными параметрами.

Эксплуатационная стойкость усовершенствованной твердосплавной волоки при её использовании для производства самого массового из нихромовых профилей сечением $3 \times 30 \text{ мм}$ составляет 4,5 – 5 т протянутого металла. Разрушение инструмента при волочении полос всех размеров через

^{*)2} Воспользоваться рекомендацией из [1] об этом отношении, равном 0,05, не представляется возможным, поскольку в этом случае диаметры соответствующих кругов будут равны $6 / 0,05 = 120 \text{ мм}$ и $8 / 0,05 = 160 \text{ мм}$. Известно, что волочение прутков таких диаметров практически исключено.

волоки с указанными параметрами волочильного канала прекратилось полностью; волокна выходят из строя вследствие налипания металла, что недопустимо ухудшает качество поверхности полос и снижает точность их размеров. Вместе с тем волоку с налипками на деформационной и калибрующей зонах реставрируют путем обработки канала на прецизионном станке электроэрозионного вырезания модели AGIECUTCLASSIC 2S (Швейцария), который вполне надежно и с необходимой точностью обеспечивает получение требуемых параметров канала.

Список литературы

1. Ерманок М.З., Ватрушин Л.С. Волочение цветных металлов и сплавов. Изд. 2-е. М.: Металлургия, 1988. 288 с.
2. Хаяк Г.С. Инструмент для волочения проволоки. М.: Металлургия, 1974. 128 с.
3. Брабец В.И. Проволока из тяжелых цветных металлов и сплавов. Справочник. М.: Металлургия, 1984. 296 с.
4. Ландихов А.Д. Производство труб, прутков и профилей из цветных металлов и сплавов. М.: Металлургия, 1971. 448 с.
5. Перлин И.Л., Ерманок М.З. Теория волочения. Изд. 2-е М.: Металлургия, 1971. 488 с.
6. Патент РФ №2400320 Твердосплавная проволока для волочения изделий из труднодеформируемых сплавов / Авт. А.И. Снигирёв, Н.А. Снигирёв, Л.М. Железняк. Оpubл. 27.09.2010. Бюл. №27.
7. Ильющин А.А. Прикладная математика и механика. Т. 19, вып.6, 1955.
8. ГОСТ 3882-74. Сплавы твердые спеченные. Марки. М.: Издательство стандартов, 1986. 18 с. УДК 669.18.25:006.354. Группа В56.
9. <http://www.solidworks.ru/com/index.html>.