

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ КАРБИДНЫХ СЛОЕВ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ

Я. А. Ермаченко

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Беларусь*

Научный руководитель И. А. Панкратов

Введение. Традиционным способом получения сложнопрофильных гравюр чеканочного инструмента является электроэрозионная обработка. Эта технология обеспечивая высокую точность формируемой поверхности имеет один существенный недостаток. Электроискровое воздействие снижает локальную прочность материала [1]. Одним из действенных способов, позволяющих повысить локальную прочность металла, является горячее выдавливание профиля инструмента. При этом изменяется текстура металла поверхностных слоев, обеспечивается эквидистантное расположение карбидных строчек и устраняется причина зарождения начальных трещин – выход крупных карбидных частиц на поверхность металла [1]. Однако в результате применения данной технологии, в области наиболее тонких элементов

рисунка поковки искажается профиль гравюры. Точное воссоздание профиля гравюры имеет важное значение при изготовлении сложнопрофильных поверхностей чеканочного и высадочного инструмента. Это особенно актуально при производстве государственных наград и других элементов символики (рис. 1).

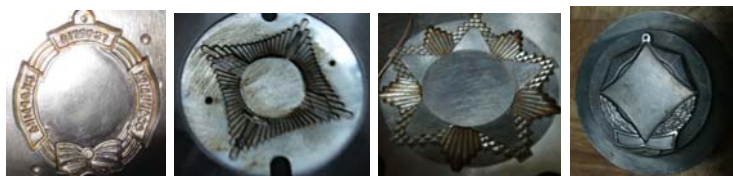


Рис. 1. Примеры гравюр чеканочных штампов элементов наградных изделий

Как видно из рис. 1, на котором представлены гравюры чеканочных штампов, их рабочие поверхности имеют многочисленные выступающие элементы, чередующиеся с тонкими канавками, являющимися естественными концентраторами напряжений. Изменение высокохудожественного изображения гравюры чеканочного штампа по технологическим соображениям невозможно. Наиболее точное воспроизведение рельефа рабочей поверхности инструмента обеспечивает применение холодного выдавливания рабочей полости [2]. Однако технология последующего упрочнения рабочей поверхности в ее традиционном применении – длительное термическое воздействие на рабочую поверхность приводит к искажению полученного профиля гравюры.

В работе исследовано влияние технологических режимов предварительной химико-термической обработки быстрорежущей стали Р6М5 на процесс формирования гравюры чеканочных штампов по предварительно упрочненному слою. Обеспечено эффективное упрочнение высоконагруженного инструмента за счет создания развитых диффузионных слоев, толщиной не менее 0,2 мм.

Материалы и методы исследования. В качестве объекта исследования выбрана быстрорежущая сталь Р6М5. Упрочнение рабочих поверхностей инструмента осуществляли посредством науглероживания, которое совмещали с полным и циклическим отжигом в течение 10 часов. Упрочняли одну из поверхностей экспериментальных кубических образцов. Исследование влияния технологических режимов диффузионного науглероживания на структуру поверхностного слоя осуществляли на сканирующем электронном микроскопе VEGA 11 LSH фирмы TESCAN (Чехия). Глубину упрочненного слоя определяли по распределению микротвердости, измеряемой на микротвердомере ПМТ-3 при нагрузке 0,2 Н.

Сравнительную оценку технологической пластичности стали при холодном деформировании проводили на образцах кубической формы с размерами грани 5 мм при испытании на сжатие на машине INSTRON при скорости деформирования 1 мм/мин. Пластичность металла оценивали путем осадки кубического образца с регистрацией изменения из размеров по трем координатам. Внешнее сжимающее усилие прикладывали перпендикулярно упрочненной поверхности кубического образца.

Результаты и их обсуждение. Создание градиента концентрации углерода по глубине от формирующих поверхностей штампа позволяет получить поверхностный слой с переменным карбидным составом и с повышенным их содержанием на поверхности, что приводит к увеличению микротвердости поверхности до 3...3,5 ГПа, по сравнению с 2,5 ГПа в сердцевине (рис. 2).

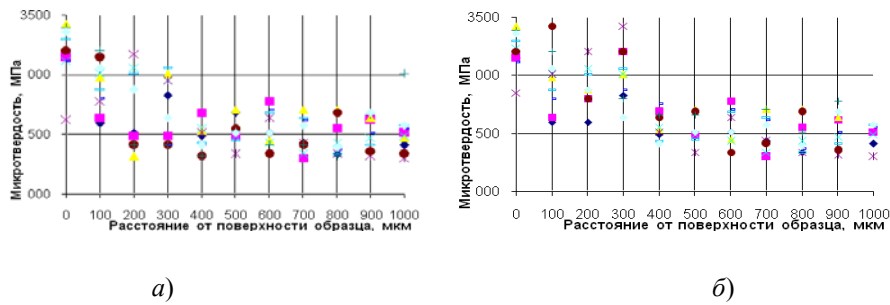


Рис. 2. Распределение микротвердости по глубине от поверхности образца после науглероживания: *а* – совмещенного с полным отжигом; *б* – совмещенного с циклическим отжигом

Наблюдаются существенные структурные различия между науглероженным слоем, полученным в процессе полного отжига и при циклическом отжиге. Структура науглероженного слоя, сформированного в процессе изотермической цементации, представляет собой композиционный материал, в котором первичные и вторичные карбидные частицы располагаются в металлической матрице, состоящей преимущественно из зернистого перлита (рис. 3, *а*). Глубина упрочненного слоя составляет 0,2...0,3 мм (рис. 2).

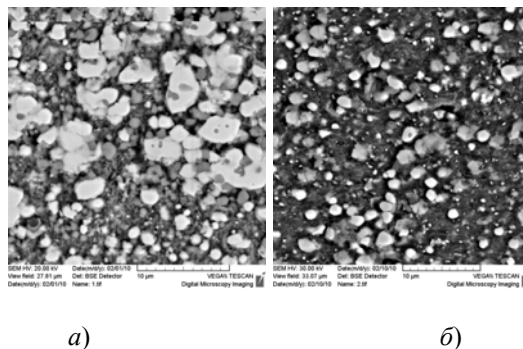


Рис. 3. Микроструктура слоя быстрорежущей стали Р6М5, сформированного при совмещении технологии науглероживания с полным (*а*) и циклическим (*б*) отжигом

При совмещении процесса науглероживания с циклическим отжигом образуется большое количество карбидов округлой формы размером не более 2 мкм, равномерно распределенных в материале матрицы – зернистом перлите (рис. 3, *б*). Мелкие равномерно распределенные карбиды не нарушают сплошности металла матрицы, в отличие от крупных включений, которые служат источником преждевременного зарождения микротрещин, образующихся в процессе холодного выдавливания гравюры штампа.

Сравнительный анализ технологической пластичности двух партий образцов показал, что при действии внешнего сжимающего напряжения порядка 2000 МПа деформация образцов, упрочненных в процессе полного отжига, до величины около 20 % протекает без образования видимых дефектов при постоянной нагрузке, которое можно назвать напряжением технологической пластичности ($\sigma_{пл}$) (рис. 4). При дальнейшем увеличении деформации в материале появляются микротрещины, в результате чего на диаграмме сжатия наблюдается некоторое снижение величины внешнего напряжения. Окончательное разделение образцов на фрагменты происходит при деформации более 35 %.

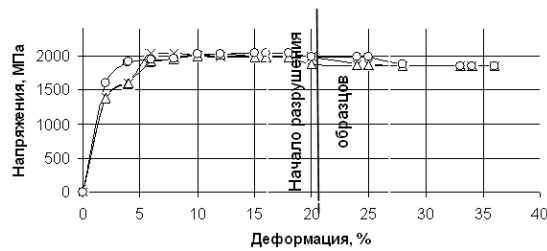


Рис. 4. Диаграмма сжатия образцов, сформированных при совмещении технологии науглероживания и полного отжига: \times – поперечные деформации вдоль оси OX ; Δ – поперечные деформации вдоль оси OY ; \circ – продольные деформации вдоль оси OZ

Осуществление науглероживания в процессе циклического отжига обеспечивает снижение величины напряжения технологической пластичности до 1100–1200 МПа. Образование структурных дефектов не наблюдается при деформации образцов до уровня 40–45 % (рис. 5), чему способствует более равномерное распределение напряжения в окрестностях мелких округлых карбидов. Многочисленные карбидные частицы округлой формы в процессе деформирования перемещаются в перлитной матрице, вызывая постепенное накопление внутрикристаллических дефектов, которые на первом этапе деформирования упрочняют материал, что проявляется на диаграмме сжатия приростом внешнего усилия.

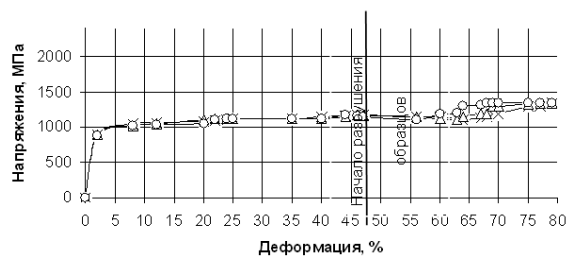


Рис. 5. Диаграмма сжатия образцов, сформированных при совмещении технологии науглероживания и циклического отжига: \times – поперечные деформации вдоль оси OX ; Δ – поперечные деформации вдоль оси OY ; \circ – продольные деформации вдоль оси OZ

Внедрение разработанной технологии формообразования гравюры инструмента в технологический процесс изготовления чеканочных штампов для государственных наград показало, что отличавшиеся низкой стойкостью штампы существенно увеличили наработку на отказ. Так, период эксплуатации штампа изготовления ордена «За службу Радзіме» составлял не более трех лет, в течение которого было изготовлено около 450 поковок. После внедрения новой технологии штампы для изготовления орденов «Францыск Георгій Скарына», «За службу Радзіме», «Дружбы Народов», «ПОЧЕТА» успешно эксплуатируются в течение более 6 лет без отказов.

Заключение. Рассмотрено влияние технологических режимов формирования науглероженных поверхностных слоев на структуру и технологическую пластичность быстрорежущей стали Р6М5 при ее деформировании в холодном состоянии. Показано, что науглероживание осуществляемое в сочетании с циклическим отжигом в сравнении с полным отжигом позволяет увеличить технологическую пластичность более чем в 2 раза. Значение напряжения технологической текучести при этом

116 Секция II. Материаловедение и технология обработки материалов

снижается с 2000 до 1200 МПа, а технологическая пластичность возрастает с 20 до 45 %. Полученные результаты позволили разработать технологический процесс изготовления чеканочного инструмента со сложной формообразующей поверхностью путем холодного выдавливания на заготовках из быстрорежущей стали Р6М5 с предварительно упрочненной поверхностью, что обеспечило более чем двукратное увеличение стойкости инструмента для чеканки орденов: «Францыск Георгій Скарына», «За службу Радзіме», «Дружбы Народов», «ПОЧЕТА»

Л и т е р а т у р а

1. Кенько, В. М. Оптимизация технологии изготовления холодновысадочных матриц / В. М. Кенько, В. В. Пинчук, И. Н. Степанкин // Кузнечно-штамповоч. пр-во. – 1998. – № 11. – С. 22–24.
2. Бунатян, Г. В. Холодное выдавливание деталей формующей технологической оснастки / Г. В. Бунатян, В. А. Скуднов, А. И. Хыбемяги. – М. : Машиностроение, 1998. – 182 с. : ил.