

Антонишин Ю.Т., кандидат технических наук, доцент;
Сокол В.А.

*Учреждение образования «Белорусский государственный
аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь*

ПРОЦЕСС УПРОЧНЯЮЩЕЙ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

Аннотация. В статье представлены сведения о перспективных направлениях использования термомеханической обработки на производствах агропромышленного комплекса. Приведены примеры получения изделий из углеродистых сталей. Показано влияние режимов обработки на прочность и износостойкость изделий.

Ключевые слова: термомеханическая обработка, упрочнение, углеродистая сталь, температура обработки, износостойкость, структура.

Annotation. In the article presented taking about perspective directions of the use of termomechanical treatment on the productions of agroindustrial complex. The examples of receipt of wares are resulted from carbon steel. Influence of the modes of treatment is rotined on durability and wearproofness of wares.

Keywords: thermomechanical treatment, development of strength, carbon steel, temperature processing, gear heat, structure/

Введение. Основная сфера применения стали У10 – это производство инструментов, эксплуатация которых не предполагает нагревание: кернеры, фрезы, витые и плоские пружины, накатные ролики, слесарно-монтажные инструменты, детали часовых механизмов, деревообрабатывающие инструменты и так далее. Из нетеплостойкой стали высокой твердости изготавливают напильники, которые обычно перековывают в великолепные клинки. Данная сталь обеспечивает достаточную прочность в сочетании с хорошей режущей способностью, что

делает ее перспективной для производства деталей, работающих в условиях интенсивного абразивного износа) лемех плуга, режущие элементы косилок).

Традиционно для снижения твердости и создания благоприятной структуры сталь до изготовления детали подвергают предварительной термической обработке – отжигу. Поскольку наличие сетки вторичного цементита ухудшает качество и срок службы изделий, стали подвергают сфероидизирующему отжигу, нагревая ее до 740–750° С. В результате такого отжига пластины цементита делятся (на этот процесс положительно влияет наличие субграниц и скоплений дислокаций). Регулируя скорость охлаждения, можно получать глобулы цементита различного размера. Окончательная термическая обработка – закалка и отпуск. Температура закали заэвтектоидной стали У10 $A_{C1}+(40-50^{\circ}C)$. Структура закаленной стали – мелкоигльчатый мартенсит или мелкоигльчатый мартенсит с мелкими карбидами. Температуру отпуска выбирают в зависимости от твердости, необходимой для эксплуатации данного изделия.

Широкое распространение и обширный круг изделий из стали У10, делает актуальным повышение ее прочности и износостойкости. Особое внимание при этом следует уделить возможности применения высокотемпературной термомеханической обработки. Применение на производстве этой технологии требует уточнения температур и других технологических параметров.

Сейчас наиболее остро стоит проблема повышения долговечности и износостойкости рабочих органов почвообрабатывающих машин [1].

Цель работы – получение выгодного сочетания структуры скрытокристаллического мартенсита с мелкими, равномерно распределенными карбидами, способствующими повышению прочности и износостойкости изделий, при относительно малом окислении и обезуглероживании.

Основная часть. Цель достигается за счет того, что в способе термомеханической обработки стальных изделий, включающем нагрев заготовки токами высокой частоты до температуры аустенизации, пластическую деформацию, закалку и отпуск, нагрев производят до температуры 980-1050°С, деформацию производят горячим гидродинамическим выдавливанием в условиях всестороннего сжатия со степенью деформации 60–95%, скоростью деформации 0,5 – 2 м/с с последующей закалкой и

нормальным отпуском. Особенность технологии в создании схемы гидропрессования, при которой промежуточная среда передает одинаковое давление на деформируемый материал в контейнере и в очаге сосредоточенной деформации – в матрице.

Традиционно для достижения максимальной твердости применяют закалку деталей, нагретых до широкой области температур. Для получения высокой прочности и предупреждения ухудшения вязкости верхний предел температур закалки ограничивают. Заэвтектоидные стали имеют мало избыточных карбидов, которые могут эффективно задерживать рост зерна при повышенном нагреве. Поэтому интервал оптимальных температур нагрева для большинства сталей узок: 15-20°C (рекомендуемая температура закалки стали У10 865-880°C) [2].

Высокотемпературное горячее гидродинамическое выдавливание с немедленной закалкой по рекомендуемым режимам (температура до 950°C и нормальный отпуск) позволило получить изделия с твердостью 51-58 HRC, т.е. с неполной закалкой. Причина – высокочастотный нагрев. Известно [3], что скоростной индукционный нагрев ведет к повышению точки фазовых превращений, а следовательно, и температуры закалки стали в среднем на 100°C. Кроме того, значительно расширяется интервал закалочных температур. Поэтому уточнили оптимальную температуру нагрева заготовок перед вылавливанием. В таблице 1 представлены результаты исследования влияния температуры нагрева перед пластической деформацией заготовок на твердость после закалки и отпуска.

Таблица 1 – Влияние температуры нагрева заготовок перед выдавливанием на твердость изделий после закалки и отпуска

Температура выдавливания заготовки, °С	Температура охлаждающей среды (масло), °С	Твердость, HRC	
		до отпуска	после отпуска
1140	35	61 - 62	51 - 55
1100	35	61 - 63	61 - 62
1040	35	62 - 64	62 - 63
1000	35	63 – 65	62 - 64
980	35	62 - 64	61 - 63
960	35	62 - 64	61 - 62
950	45	62 - 63	57 - 58
900	45	58 - 60	55 - 56
800	45	54 - 55	50 - 52

Из материалов таблицы следует, что наилучшие результаты получены при ВТМО с нагревом до 980 – 1050 °С. Микроструктура полученных изделий состояла из мартенсита с мелкими карбидами, равномерно распределенными по поперечному и продольному сечению образцов. Однако температура нагрева заготовок оказывала большое влияние на величину и характер распределения мартенситных игл. Наиболее качественную структуру получали при выдавливании с последующим охлаждением изделий (ВТМО) с температур 950 - 1000°С. В этом случае структура изделий состоит из характерного мелкоигльчатого мартенсита и остаточного аустенита.

При деформации и закалке с нагревом выше 1050°С размеры мартенситных игл начинают увеличиваться, а при 1140°С появляется «рыхлая» мартенситная структура с колоннами крупных игл, причем твердость стали в этом случае резко падает после отпуска. при деформации заготовок, нагретых до 1200°С, получали структуру перегрева. поэтому оптимальными температурами электронагрева заготовок из стали У10 при горячем выдавливании в режимах ВТМО следует считать интервал 980–1030°С, так как при этих параметрах помимо относительно малого окисления и обезуглероживания можно получить выгодное сочетание структуры скрытокристаллического мартенсита с мелкими равномерно распределенными карбидами, способствующее повышению прочности и износостойкости деталей.

Детали, изготовленные из стали У10 по общепринятой технологии (механическая обработка с последующей термообработкой) имели мартенситную структуру, в которой сохранялся характер распределения карбидов (6-й балл по ГОСТ 5952), соответствующий исходным заготовкам.

Эффект упрочнения обеспечивается деформацией металла не менее, чем на 80–90%. Однако при обычном выдавливании сплавов при 90%-ной деформации развиваются высокие давления, что является серьезным препятствием промышленному освоению термомеханического упрочнения. Выдавливание в условиях всестороннего сжатия снижает усилия деформирования, что делает возможной большую разовую деформацию, а следовательно, и большой эффект упрочнения.

Прочность образцов из стали У10, обработанных известным способом, составляла 305 МПа, ударная вязкость – 12 Дж/см². После обработки предлагаемым способом прочность образцов была 510 МПа, а ударная вязкость – 35 Дж/см². При этом твердость у образцов была одинаковой (63 HRC).

Упрочнение рабочих органов за рубежом проводят термообработкой (технологический цикл достигает в отдельных случаях 30...40 часов). Многие фирмы за последние 5...8 лет стали упрочнять лезвийные детали наплавкой твёрдыми сплавами.

Рабочие органы почвообрабатывающих машин за рубежом в основном изготавливают из углеродистых сталей с содержанием углерода от 0,3...0,4 до 1,2 %. В Норвегии применяют стали с пониженным содержанием углерода (а также фосфора и серы), что обусловлено каменистостью почв. В США для производства плужных лемехов используют стали, соответствующие маркам У9, У10 и У12. Большинство деталей имеют небольшую толщину и подвергаются закалке с отпуском до твёрдости порядка HRC 50.

Установлено, что по износостойкости применяемые за рубежом стали для почвообрабатывающих рабочих органов не обладают большими преимуществами, по сравнению с отечественными.

Из полученных данных следует, что использование предлагаемого способа обработки сталей позволяет по сравнению с известным способом повысить износостойкость в 1,1–2,0 раза, а прочность в 1,1–1,4 раза при сохранении твердости стандартно закаленной стали.

Закключение. Приоритетным направлением получения деталей из стали У10 является горячее гидродинамическое выдавливание, обеспечивающее стабильное по качеству упрочнение и повышение износостойкости режущих элементов.

Список использованной литературы

1. Синеоков Г.Н., Панов И.М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин. М., 1977, 328 с.
2. Гуляев А.П. Инструментальные стали. Справочник. М., Машиностроение, 1975, 272 с.
3. Кидин И.Н. Термическая обработка стали при индукционном нагреве. М. 1950, 318 с.