

# РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ МАРТЕНСИТНОСТАРЕЮЩИХ СТАЛЕЙ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ШТАМПОВ ГОРЯЧЕГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

*Воронин А.А., Лисовский В.А.*

*Руководитель - к.т.н, Лисовский В.А.*

Вятский государственный университет, г. Киров,  
vitallis@rambler.ru

Штампы для горячего деформирования работают в жестких условиях нагружения и выходят из строя вследствие пластической деформации, хрупкого разрушения, образования сетки разгара и износа рабочей поверхности. Поэтому сталь должна иметь высокие механические свойства при повышенных температурах и обладать высокой износостойкостью, окалинотойкостью и разгаростойкостью.

В настоящее время для изготовления штампов и пресс-форм применяют стали 5ХНМ, 5ХНВ, 4Х5МФ1С, 4Х3ВМФ и др. Упрочнение данных сталей закалкой неизбежно сопровождается значительной деформацией и короблением инструмента из-за объемных изменений вследствие термических и структурных напряжений. Большие деформации и коробления при термической обработке не позволяют получить изделие с необходимыми размерами и свойствами поверхности, вследствие чего, рабочие поверхности штампы выполняют с припусками, которые удаляют специальным инструментом с применением дорогостоящего оборудования и высококвалифицированного труда. Особая трудность обуславливается тем, что изделие после классической термообработки (закалка и отпуск) находится в состоянии высокой прочности и твердости. Кроме того, по причинам деформации и коробления большой процент изделий (до 25-35 %) окончательно бракуется.

Принципиально новым подходом к этой проблеме является разработка и использование мартенситностареющих сталей (МСС).

Технологическая схема обработки изделий, изготавливаемых из ММС, включает в себя следующую последовательность технологических операций: закалка; окончательная механическая и слесарная обработка; старение готовых деталей с целью получения максимальной твердости.

Принципиальное отличие данной технологической схемы состоит в том, что механическая обработка детали производится до упрочнения. Это позволяет наиболее трудоемкие операции – механическую и слесарную обработку больших припусков в упрочненном состоянии, которые оставляют у деталей, выполненных из инструментальных сталей, на деформацию и коробление. Низкотемпературный процесс старения должен

также исключать брак, вызванный термообработкой. Указанное достоинство новой предлагаемой схемы обработки сложных деталей является основным фактором экономической эффективности при использовании МСС для изготовления из них штампов горячего деформирования и другой подобной технологической оснастки инструментального производства.

В качестве материала исследования были выбраны стали, представленные 0Н18М3ТЮ и 0Х12Н8МТЮ.

Исследование структуры выполнялось посредством оптической микроскопии на микроскопе Neophot 2, тонкую структуру исследовали с помощью электронного микроскопа JEM-210 и сканирующего электронного микроскопа JSM-6510 LV, методом рентгеноструктурного анализа определяли вид и параметры решетки образующихся фаз. Исследования проводили на дифрактометре SHIMADZU LabX XRD-6000. Механические свойства определяли по стандартным методикам и на стандартных образцах. Величину и знак деформации определяли на образцах в виде планок размером 15x25x250 мм. Контролируемыми параметрами являлись межцентровые расстояния, плоскостность и параллельность двух наибольших плоскостей.

Мартенситностареющие стали сочетают высокие прочностные свойства с хорошей пластичностью и вязкостью, что достигается легированием и специальной термической обработкой. Результаты испытаний механических свойств сталей после закалки и старения 480 – 500°C в течение 2 часов показаны в таблице.

Таблица – Механические свойства сталей

№	Сталь	$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta$ , %	$\Psi$ , %	HRC
		не менее				
1	0Н18М3ТЮ	2135	-	26,6	51	53
2	0Х12Н8МТЮ	1520	1430	3,6	11,2	48

Анализ таблицы показывает, что наиболее удовлетворительное сочетание свойств прочности, твердости и пластичности имеет сталь 0Н18М3ТЮ. Комплекс указанных свойств для стали 0Х12Н8МТЮ снижается. Свойства исходного и состаренного мартенсита ММС в значительной мере зависят от химического состава. Исследованные стали содержат следующие легирующие элементы: никель, хром, молибден, титан, алюминий, а также примеси. Кремний уменьшает растворимость молибдена и титана в  $\alpha$ -Fe, способствуя упрочнению при старении, и снижает пластичность и вязкость стали. Углерод, азот – вредные примеси, снижают пластичность и вязкость состаренного мартенсита. Фосфор и сера

– вредные примеси, т.к. образуют включения, снижающие пластичность стали. Никель уменьшает растворимость титана, молибдена, алюминия и др. в  $\alpha$ -Fe, способствуя упрочнению стали при старении; резко снижает температуру начала  $\gamma \rightarrow \alpha$  превращения, что обеспечивает получение мартенситной структуры при охлаждении на воздухе. Титан вызывает старение мартенсита, наиболее эффективный упрочнитель. Молибден уменьшает коэффициент диффузии ряда элементов вдоль границ и поэтому снижает преимущественные выделения при старении частиц второй фазы и других соединений или сегрегаций по границам зерен, что повышает вязкость и пластичность состаренной стали. Алюминий вызывает старение мартенсита, но при содержании в стали более 0,2-0,3% снижает вязкость мартенсита до и после старения. Хром увеличивает упрочнение мартенсита при старении и сопротивление сталей коррозии; повышает коэффициент деформационного упрочнения мартенсита [1].

Образцы из МСС в процессе старения практически не имеют коробления. Искажение плоскости не превышает 0,005... 0,008 мм на длине 200 мм. Подобные образцы из инструментальной стали имеют коробление до 0,4 мм. МСС, состаренные по оптимальному режиму, обеспечивающему максимальное упрочнение, имеют линейную деформацию примерно в 10 раз меньше, чем инструментальные после закалки. Стали имеют отрицательный знак деформации, что подтверждается дилатометрическими исследованиями, т.к. в процессе старения МСС происходит уменьшение параметра решетки [2,3].

В процессе изготовления деталей методом горячей штамповки и т.п. на инструмент воздействуют циклические температурные и механические нагрузки, т.е. нагрев до максимальных температур и максимальное нагружение, далее охлаждение до минимальной температуры и разгрузка до нуля. С целью оценки термомеханической стойкости материала из исследуемых сплавов изготовлены опытные штампы. Согласно полученным данным стойкость штампов из МСС не уступала стойкости штампов, выполненных из стали 5ХНВ.

В результате исследований микроструктуры, физико-механических, технологических свойств мартенситностареющих сталей на основе Fe-Ni и Fe-Cr-Ni стали марок 0Н18МЗТЮ и 0Х12Н8МТЮ рекомендованы для изготовления для штампов горячего деформирования как обладающие оптимальным комплексом механических и технологических свойств.

Список использованных источников

1. Перкас М. Д., Кардонский В.М. Высокопрочные мартенситностареющие стали. Изд-во «Металлургия» М., 1970, 224 с.
2. Кондратов В.М. Деформация мартенситностареющих сталей при термической обработке // Металловедение и термическая обработка. М., №10. 1972. с.15-19
3. Кондратов В.М. Потехин Б.А. Особенности упрочнения Fe-Cr-Ni дисперсионно-твердеющей стали. Металловедение и термическая обработка. М., №1. 1971. с.17-20с.