

С.А.Довнар, докт. техн. наук,
Б.Л.Фигурин, инженер (ФТИ АН БССР)

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОСНОВНОЙ СТАЛИ 40ХЛ ПОСЛЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ШТАМПОВОГО БИМЕТАЛЛА

Термическая обработка биметаллических формовочных штампов с высокой несущей способностью сопряжена с трудностями в связи с тем, что температуры закалки основы и плакирующего слоя, состоящие соответственно из конструкционной и теплоустойчивой штамповой сталей, неодинаковы. Необходимость закалочного нагрева биметаллического штампа до температуры, не ниже температуры закалки плакирующего слоя, приводит к перегреву основного материала, что снижает его несущую способность. Для устранения этого недостатка был предложен комбинированный способ термической обработки биметаллических штампов [1], результаты исследования которого представлены в настоящем сообщении.

Способ комбинированной термообработки заключается в том, что биметаллический штамп, состоящий из основы, не обладающей областью относительной устойчивости аустенита, и плакирующего слоя, обладающего этой областью, подвергают аустенизации по режиму плакирующей стали. Затем штамп подстуживают до температуры относительной устойчивости аустенита плакирующего слоя, изотермически выдерживают для промежуточного превращения аустенита основы, производят повторный нагрев до закалочной температуры основной стали, а затем выполняют объемную закалку и отпуск.

Область относительной устойчивости переохлажденного аустенита теплостойких штамповых сталей расположена в интервале 450–650°C. Этот интервал совпадает с интервалом наименьшей устойчивости переохлажденного аустенита среднеуглеродистых малолегированных сталей, используемых в качестве основного материала при изготовлении биметаллических штампов. Отметим, что в цикле комбинированной обработки биметаллических штампов основной материал подвергается двойной перекристаллизации. Из этого следует, что главными факторами управления свойствами основного материала при комбинированной обработке штампового биметалла являются температура и время на этапах первичной аустенизации и изотермической выдержки при температуре подстуживания.

Целью исследования явилось изучение влияния указанных параметров на твердость, ударную вязкость и теплостойкость основной стали 40ХЛ в цикле получения биметаллических штампов способом заливки расплава основного материала в литевную форму, на дне которой размещена плакирующая часть штампа [2].

Отливки (15 x 60 x 300 мм), предназначенные для изготовления образцов (5 x 10 x 55 мм), получали путем переплавки стандартной стали марки 40ХЛ в индукционной печи и заливки ее расплава в сухие формы.

Образцы, полученные из отливок, подвергали аустенизации под закалку с варьированием температуры от 850°C до 1150°C через каждые 100°C. Время предзакалочной выдержки - 10 мин, а изотермической выдержки (480 - 580°C) - 1-4-40 мин. После изотермической выдержки образцы повторно нагревали согласно способу [1] до закалочной температуры (860°C), закаливали в масло, подвергали отпуску (480°C, 1 час) и быстро охлаждали. Для сопоставления проводилась также одинарная термоупрочняющая обработка образцов в режиме: нагрев до 860°C, выдержка 10 мин, закалка в масло, отпуск при 480°C в течение 1 часа с последующим быстрым охлаждением. Испытания на твердость (HV) и ударную вязкость (a_H) основного материала проводились по методике [2].

Опытные данные (табл. 1) показали, что при одинаковой обработке с повышением закалочной температуры заметно снижается твердость HV, в то время как ударная вязкость остается неизменной. Только при закалке с 1150°C ударная вязкость заметно повышается (до 3,0 ксv). Однако рост ударной вязкости с повышением температуры закалки возможен только в том случае, когда исключается рост зерна, понижающего ударную вязкость. В наших опытах продолжительность предзакалочной выдержки была принята равной 10 мин и, следовательно, судя по опытным данным, такая выдержка при высокотемпературной закалке является допустимой. Однако уровень достигнутой ударной вязкости можно превзойти при использовании рассматриваемого способа комбинированной обработки.

Таблица 1. Механические свойства стали 40ХЛ в зависимости от температуры закалки ($t_{зак}$) в цикле одинарной обработки (отпуск 480°C, 1 ч)

$t_{зак}, ^\circ\text{C}$	$a_H, \text{кс v}$	HV
850	2,5	400
950	2,5	320
1050	2,5	370
1150	3,0	340

Результаты испытаний образцов, подвергнутых одинарной (HV' , a'_H) и комбинированной (HV'' , a''_H) обработкам, представлены на рис. 1 в виде отношений $\Delta a_H/a'_H$ и $\Delta HV/HV'$, где $\Delta a_H = a''_H - a'_H$; $\Delta HV = HV'' - HV'$. Опытные данные показывают, что эффект комбинированной обработки стали 40ХЛ действительно предопределяется режимами первичной аустенизации и изотерми-

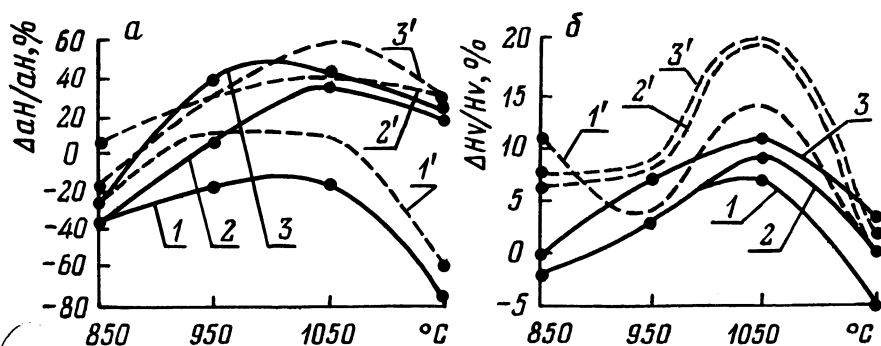


Рис. 1. Относительное изменение ударной вязкости a_H (а) и твердости HV (б) стали 40ХЛ после отпуска (480°C , 60 мин) в зависимости от температуры первичной аустенизации в цикле комбинированной обработки. Температура изотермической выдержки: ——— 480°C ; - - - - 580°C (кривые 1, 2, 3 соответствуют временам выдержки 1, 4, 40 мин).

ческой выдержки. Наибольшее повышение $\Delta a_H/a'_H$ и $\Delta HV/HV'$ достигается в цикле упрочняющей обработки при первичной аустенизации стали около 1050°C и последующей изотермической выдержке, осуществляемой при 580°C в течение 40 мин.

Топографию изломов образцов по сравниваемым способам обработки изучали с использованием электронного микроскопа фирмы "Самса". Электронно-микроскопический анализ исследуемых образцов выявил следующие особенности изломов.

В образцах стали 40ХЛ, упрочненных одинарной закалкой, излом отражает собой процесс крупного разрушения, распространяющегося вдоль межзеренных границ. Нарушение сплошности материала в образцах из этого же переplава, обработанных по способу комбинированной обработки, происходит по механизму вязкого разрушения.

Металлографическим исследованием (микроструктуры в сообщении не приведены) установлено, что образцы, подвергнутые одинарной обработке (нагрев до 1050°C со скоростью $100-150^\circ/\text{мин}$, закалка, отпуск в указанном выше режиме), имеют мелкозернистую структуру. В то же время топография излома указывает на межзеренное разрушение, что характерно для круп-

нозернистой структуры. Это расхождение можно объяснить тем, что одинарная обработка не изменяет исходную зернистость, что указывает на сильное проявление структурной наследственности литой стали 40ХЛ. По-видимому, и многоцветные одинарные обработки также будут недостаточно эффективными для изменения литой структуры.

Качественно иная картина излома стали 40ХЛ возникает после комбинированной обработки, включающей промежуточный распад аустенита с образованием феррито-цементитной структуры. Этот распад совместно с повторным нагревом выше $A_{с3}$ приводит также к образованию мелкозернистой структуры, но без влияющего на ударную вязкость зерна исходной литой структуры. Структурная наследственность литого материала ослабевает особенно в том случае, когда промежуточный распад аустенита происходит при температуре 580°C (40 мин), отвечающей верхней точке бейнитного превращения аустенита. Поскольку структура верхнего бейнита характеризуется высокой термической устойчивостью при последующем нагреве под закалку [3, 4], то повторный нагрев под закалку можно, по-видимому, производить даже выше 860°C без ущерба хрупкой прочности стали 40ХЛ.

Комбинированная обработка с изотермическим распадом при 480°C также способствует повышению механических свойств, но они оказываются ниже механических свойств стали 40ХЛ, подвергнутой аналогичной обработке с промежуточным распадом при температуре верхней точки бейнитного превращения аустенита.

Испытания на теплостойкость проводили путем выполнения дополнительного отпуска в режиме эксплуатации штамповых изделий, в частности при температуре 550°C в течение 10, 20 и 60 мин. Теплостойкость материала термическому разупрочнению оценивалась по результатам измерения его твердости при 20°C .

Как показывают опытные данные (табл. 2), комбинированная обработка по отношению к одинарной обработке обеспечивает су-

Таблица 2. Изменение твердости HV стали 40ХЛ во время (τ) испытания отпуском (550°C) в зависимости от способа и режима упрочняющей обработки (температура первичной аустенизации 1050°C , время предзакалочной выдержки 10 мин)

Продолжительность испытания, мин	Комбинированная обработка						Одинарная обработка
	480°C			580°C			
	1 мин	4 мин	40 мин	1 мин	4 мин	40 мин	
10	380	390	370	375	385	395	355
20	375	375	350	365	360	370	325
60	340	360	295	355	340	365	320

шественное повышение теплостойкости стали 40ХЛ. Причем более предпочтительной является комбинированная обработка с режимом распада аустенита при 580°C в течение 40 мин, т. е. при температуре верхней точки бейнитного превращения. Если, однако, изотермическая выдержка будет проводиться при 480°C , то ее длительность должна быть около 4 мин.

Таким образом, комбинированная обработка литого материала марки 40ХЛ, включающая двойную перекристаллизацию (1050 и 860°C), между которыми выполняется изотермическая выдержка при температуре верхней точки бейнитного превращения аустенита, обеспечивает достижение высокого уровня механических свойств основы в биметаллических штамповых изделиях.

Л и т е р а т у р а

1. А. с. 460306 (СССР). Способ термической обработки биметаллических изделий / С.А.Довнар. Опубл. в Б. И., 1975, № 6, с. 54.
2. Довнар С.А. Термомеханика упрочнения и разрушения штампов объемной штамповки. - М.: Машиностроение, 1975. - 234 с.
3. Шнейдерман А.Ш. Влияние бейнитных продуктов распада аустенита на механические свойства улучшаемых конструкционных сталей. - МиТОМ, 1976, № 6, с. 51-53.
4. Шнейдерман А.Ш. Об отпуске бейнитной структуры. - МиТОМ, 1978, № 12, с. 2-5.