

мость ударно-абразивной износостойкости от содержания марганца и температуры нагрева под закалку иная. Чем выше содержание марганца в стали и температура нагрева (соответственно, стабильнее аустенит по отношению к деформационному мартенситному превращению), тем больше ударно-абразивная износостойкость. После закалки с 1050 °С исследованные стали по ее возрастанию располагаются в следующем порядке: 120Г4ФЛ ( $\epsilon = 0,4$ ), 120Г6ФЛ ( $\epsilon = 0,7$ ), 120Г8ФЛ ( $\epsilon = 0,9$ ) 120Г10ФЛ ( $\epsilon = 1,2$ ). Низкий отпуск, повышающий стабильность аустенита, увеличивает сопротивление разрушению при ударно-абразивном воздействии, а высокий, дестабилизирующий аустенит, снижает его. У стали 120Г8ФЛ после закалки от 1050 °С, отпуска при 300 °С 1 ч и 650 °С 1 ч ударно-абразивная износостойкость составляет, соответственно,  $\epsilon = 0,9$ ; 1,0 и 0,7. В зависимости от конкретных условий изнашивания, необходимо выбором рационального состава и режимов термообработки сталей оптимизировать количество и стабильность аустенита по отношению к ДДМП, что существенно повышает их износостойкость.

**Малинов Л.С.**

*(ГВУЗ «ПГТУ», г. Мариуполь)*

**ПОЛУЧЕНИЕ В СТАЛЯХ МНОГОФАЗНОЙ СТРУКТУРЫ С  
МЕТАСТАБИЛЬНЫМ АУСТЕНИТОМ НЕТИПОВОЙ  
СТУПЕНЧАТОЙ ЗАКАЛКОЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СВОЙСТВ**

E-mail: malinov\_1\_s@pstu.edu

Одним из перспективных направлений ресурсосбережения является повышение свойств сталей за счет создания у них многофазной структуры, в которой наряду с другими составляющими присутствует метастабильный аустенит, претерпевающий динамическое деформационное мартенситное превращение – ДДМП (эффект самозакалки при нагружении – СЗН). Рассмотренный выше подход основывается на высказанной и реализованной в середине 50-х годов прошлого столетия И. Н. Богачевым и Р. И. Минцем новой чрезвычайно плодотворной идее. Она заключалась в использовании деформационных мартенситных превращений не при упрочняющей обработке сталей с метастабильным аустенитом, как это было обычно принято, а при нагружении в процессе испытаний механических свойств и эксплуатации.

Для получения наиболее высокого уровня механических свойств необходимо с учетом исходной структуры сталей применительно к конкретным условиям нагружения оптимизировать количественное соотношение составляющих, их распределение, в том числе, степень стабильности аустенита и развитие ДДМП. В работе показана возможность получения такой структуры ступенчатой закалкой. Такая закалка обычно применяется для предотвращения коробления и трещинообразования в основном у инструментальных сталей. Она проводится в расплавах неэкологичных солей и щелочей. В отличие от этого предложено проводить ступенчатую закалку с охлаждением после аустенитизации в воде до температуры ступеньки, а выдержку при ней – в печи,

после чего следует охлаждение на воздухе. В работе она применена для сталей 10Г12,60Х18. В исследованиях использовали рентгеновский и металлографический методы. Определяли механические свойства. После обычной закалки в воде с 800 °С сталь 10Г12 имела трехфазную структуру ( $\alpha$ -мартенсит ~ 55%,  $\varepsilon$ -мартенсит ~ 15%,  $\gamma$ -фаза ~ 30%) и уровень прочностных свойств, соответствующий среднеуглеродистым сталям после улучшения ( $\sigma_{0,2} = 850$  МПа,  $\sigma_B = 1200$  МПа). Однако пластичность и ударная вязкость были существенно ниже, чем у них ( $\delta = 7\%$ ,  $\psi = 9\%$ , КСУ = 0,25 МДж/м<sup>2</sup>). Наиболее хорошее сочетание механических свойств получено после ступенчатой закалки с 800 °С и выдержке при 400 °С 60 мин:  $\sigma_{0,2} = 1030$  МПа,  $\sigma_B = 1400$  МПа,  $\delta = 14\%$ ,  $\psi = 50\%$ , КСУ = 0,50 МДж/м<sup>2</sup>. Это явилось следствием стабилизации остаточного аустенита по отношению к ДДМП. Изучалось влияние ступенчатой закалки на механические свойства стали 60Х18. После типовой термообработки, включающей закалку с 1050 °С в масло и отпуск при температуре 200 °С, 60 мин, сталь имеет следующий уровень механических свойств:  $\sigma_B = 1471$  МПа,  $\delta = 4\%$ ,  $\psi = 8\%$ , КСУ = 0,2 МДж/м<sup>2</sup>. После ступенчатой закалки с 1050 °С, включающей охлаждение в воде до 350 °С и выдержку при этой температуре 60 мин, механические свойства стали 60Х18 существенно возросли:  $\sigma_{0,2} = 1578$  МПа,  $\sigma_B = 1692$  МПа,  $\delta = 13\%$ ,  $\psi = 36\%$ , КСУ = 0,38 МДж/м<sup>2</sup>. Это явилось следствием образования многофазной структуры, в которой наряду с мартенситом и карбидами получено 45% метастабильного остаточного аустенита, количество которого уменьшилось до 20% после испытаний механических свойств вследствие ДДМП. Такая ступенчатая закалка может быть применена не только для высоколегированных, но и для низколегированных, а также углеродистых сталей для получения многофазной структуры с метастабильным остаточным аустенитом. Для получения наиболее высокого уровня механических свойств сталей после ступенчатой закалки по новому способу необходимо за счет термовременных параметров ее проведения оптимизировать в структуре количество и стабильность остаточного аустенита по отношению к динамическому деформационному мартенситному превращению.

**Малинов Л.С.**

*(ГВУЗ «ПГТУ», г. Мариуполь)*

**ТЕХНОЛОГИИ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ,  
ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ЗА  
СЧЕТ СОЗДАНИЯ В СПЛАВАХ МАКРОСКОПИЧЕСКИХ  
ГРАДИЕНТОВ СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫХ СОСТОЯНИЙ**

**E-mail:** leonid-malinov@yandex.ru

Одним из перспективных инновационных научно-прикладных направлений в ресурсо- и энергосбережении является предложенное автором еще в середине 70-х годов прошлого века и интенсивно развивающееся в настоящее время создание в сплавах регулярной макронеоднородной структуры приме-