

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-

нением разнообразных технологий дифференцированной обработки для повышения долговечности деталей машин и инструмента или придания новых свойств материалам. Такую структуру, согласно современной терминологии, принято называть градиентами структурно-фазовых состояний. Это был принципиально новый подход к обработке сплавов, позволяющий в одном материале получить чередующиеся в заданной последовательности участки с различной структурой, механическими и физическими свойствами. Он был предложен в качестве альтернативы известным способам получения армированных материалов, в основе которых лежит соединение в одном материале различных по свойствам металлов и сплавов с применением литья, прокатки или сварки. Первые работы, выполнены по изучению влияния общей и локальной деформации, а также локального нагрева при различных режимах их осуществления. Экспертами Комитета по делам изобретений и открытий СССР при начальном рассмотрении предложенных технических решений, хотя и отмечалась их новизна, но отрицалась практическая полезность и возможность применения в промышленности.

В настоящее время направление по получению макроскопических градиентов структурно-фазовых состояний применением технологий дифференцированной обработки интенсивно развивается, о чем свидетельствует большое число публикаций и патентов, подчеркивающих их эффективность для значительного повышения долговечности многих деталей и инструментов.

Все более широко применяются технологии дифференцированной обработки с использованием источников концентрированной энергии: лазерных или электронных лучей и струи плазмы.

В ряде работ приводятся данные, согласно которым наибольшая износостойкость стержней из клапанной стали 40X10C2M имеет место после лазерной закалки закалка "винтовыми" дорожками шириной 2 мм с шагом 6 мм и углом наклона 45°, занимающими 25...30% поверхности. Гильзы цилиндров автомобиля ЗИЛ-130 после локальной лазерной закалки для получения твердых и мягких чередующихся структур показали увеличение износостойкости в 2,0...2,5 раза по сравнению с таковой у гильз из чугуна такого же состава при обычно принятой обработке. Высокая износостойкость достигается в том случае, когда вся поверхность подвергается цементации, а затем заданные участки закаливают, используя источники концентрированной энергии (лазерный, электронный лучи).

Сообщается о технологии дифференцированной обработки с получением чередующихся азотированных и неазотированных участков, что обеспечивает повышение контактной долговечности и износостойкости упрочненного слоя за счет создания макронеоднородной структуры материала.

Приводятся данные по применению дифференцированной гидродробеструйной обработки, сократившей трудоёмкость изготовления коленчатых валов на 20...25%.

Высокоэффективными для повышения долговечности многих деталей являются технологии дифференцированной плазменной и электродуговой обработок.