



ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВОК ИЗ СТАЛИ 45, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОГО ПЕРЕПЛАВА

Е.И. Руклинская¹, А.А. Абдуганиева², М.З. Убайдуллаев³, Хамроев В.Б.⁴
АФ НИТУ «МИСИС» в г. Алмалык

Сталь 45 широко применяется в машиностроении и других отраслях промышленности благодаря хорошему сочетанию механических свойств и технологичности [1]. При этом качество заготовок, полученных традиционными методами выплавки, может ограничиваться наличием неметаллических включений, пористости и неоднородности структуры. Электрошлаковый переплав (ЭШП) позволяет существенно повысить чистоту металла, улучшить его однородность и получить мелкозернистую структуру, что делает ЭШП-полуфабрикаты особенно перспективными для ответственных деталей, работающих в условиях высоких нагрузок [2].

Однако даже после ЭШП необходимо проведение термической обработки для достижения требуемых эксплуатационных характеристик. Основной задачей становится выбор такого режима, который бы максимально раскрывал потенциал стали 45 с учётом её структуры после переплава. Особенности структуры после ЭШП — мелкое зерно, низкое содержание неметаллических включений и равномерное распределение карбидных фаз — требуют осторожного подхода к нагреву, выдержке и охлаждению, чтобы не вызвать рост зерна или перегрев.

В рамках лабораторных исследований была проведена серия экспериментов по подбору оптимальных режимов термической обработки таких заготовок. Целью работ являлось определение наиболее эффективного температурного режима, обеспечивающего достижение оптимального сочетания прочности, пластичности и ударной вязкости при сохранении равномерной структуры и минимальных остаточных напряжений.

Испытания включали закалку с охлаждением в воде, закалку с охлаждением в масле и с последующим высоким отпуском, а также анализ влияния различных температур и времен выдержки на микроструктуру и механические свойства стали.

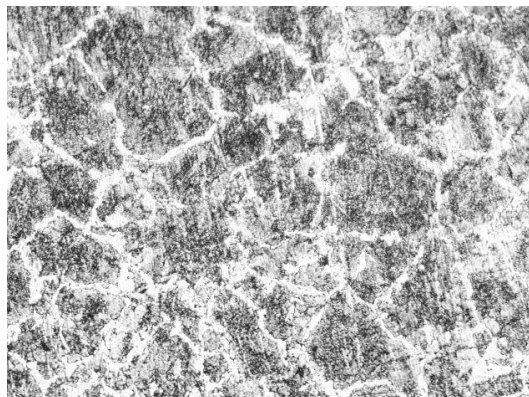
Исследованию подвергались образцы стали 45 вырезанные из слитка полученного методом ЭШП. Размер образцов составлял 20x20 мм. В исходном (до термообработки) состоянии сталь 45 после ЭШП имеет феррито-перлитную микроструктуру. Перлит расположен в виде колоний, равномерно распределённых по полю феррита. Отсутствие макро- и микроскопических включений — говорит о высокой степени чистоты стали после ЭШП, без неметаллических загрязнений. Твердость стали – 15 HRC.

Образцы стали 45, полученной методом электрошлакового переплава, были подвергнуты закалке при температуре 850 °С с выдержкой 20 минут, после чего охлаждены в различных средах — воде и масле. Закалка в воде привела к образованию мартенситной структуры с высокой твёрдостью, но из-за резкого охлаждения сопровождалась появлением внутренних напряжений и трещин. В случае закалки в масле с целью повышения равномерности прогрева и снижения термических напряжений применялся ступенчатый нагрев, заключающийся в последовательном повышении температуры: сначала до 600–650 °С, с выдержкой в течении 10 минут для выравнивания температуры по сечению образца, затем до окончательной температуры закалки — 850 °С. В результате этого образовался также мартенсит, но с меньшей степенью напряжённости,

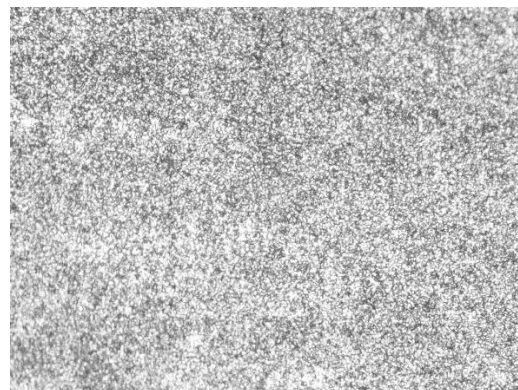


без образования трещин. Твёрдость после закалки с последующим охлаждением в воде составила – 60 HRC, а в масле – 50 HRC.

Для снижения хрупкости и стабилизации структуры оба варианта были подвергнуты высокому отпуску при температуре 550 °С в течение 1 часа с охлаждением на воздухе. В результате в обоих случаях сформировалась сорбитная структура, обеспечивающая хорошее сочетание прочности и вязкости, однако образцы, закалённые в масле, показали более благоприятные свойства по совокупности характеристик. После отпуска твёрдость образцов, закалённых в воде, снизилась до 30 HRC, а у закалённых в масле — до 25 HRC. На рисунке 1 приведена микроструктура стали 45 до и после термообработки.



а) до термообработки;



б) после термообработки

Рисунок 1 – Микроструктура стали 45 полученной методом ЭШП, х200

Таким образом, закалка стали 45 в воде обеспечивает более высокую твёрдость, но сопровождается риском трещинообразования, тогда как закалка в масле в сочетании с высоким отпуском даёт более сбалансированные механические свойства и лучшую надёжность без появления дефектов.

Список использованных источников:

1. ГОСТ 14959-79 — Сталь углеродистая конструкционная. Методы термической обработки
2. Медовар, Л.Б. Новое в технологии ЭШП крупных полых слитков / Л.Б. Медовар, А.П. Стовпченко, Б.Б. Федоровский // Электрометаллургия. – 2013. – № 1. – С. 24–30