



There is studied the origin of increase of tendency to cracking of reinforcement bars at production at mill 320 of the Belarussian metallurgical works. On the ground of the carried out integrated study the technology of thermostrengthening of reinforcing steel, providing the required structural status of finished steel production, is developed and introduced.

В. И. ШЕРБАКОВ, Г. А. КУРБАТОВ, В. А. ТИЩЕНКО, РУП "БМЗ"

РАЗРАБОТКА РЕЖИМОВ ТЕРМОУПРОЧНЕНИЯ АРМАТУРНОЙ СТАЛИ №25—36 В УСЛОВИЯХ СТАНА 320 БМЗ

УДК 621. 771:66Я

Возрастающий спрос на арматурную сталь для железобетонных конструкций сопровождается постоянным повышением требований к качеству металла. Поскольку практически не происходит возврата арматурной стали в металлофонд страны, важно совершенствовать технологию производства стали с тем, чтобы увеличить срок ее службы.

На Республиканском унитарном предприятии "Белорусский металлургический завод" освоено промышленное производство термоупрочненной арматуры периодического профиля № 10—40 в соответствии с требованиями зарубежных, национальных, общеевропейских и отечественных стандартов.

В процессе освоения промышленного производства крупных профилей № 25—36 термоупрочненной арматуры классов 460 и 500, при порезке на мерные длины и при испытании на растяжение в центральной части прутка обнаруживались дефекты в виде трещин и пустот длиной от 2,5 до 10 мм (рис 1).

При этом полученный комплекс механических свойств стали при растяжении и изгибе соответствовал классам 460 и 500.

Исследовано структурное состояние термомеханически упрочненной арматуры диаметром 32 мм по схеме "прерванное охлаждение". Поверхностный слой прутка состоит из отпущенного мартенсита шириной около 5 мм. За этим слоем располагаются бейнитные структуры. Толщина бейнитного слоя меньше, чем мартенситного. В сердцевине прутка наблюдается структура видманштетта. На образцах выявлены грубые надрывы в центральных слоях прутка.

Отечественные и зарубежные стандарты на арматурную сталь косвенно предъявляют требования к макроструктуре проката. Весь металл должен быть свободен от дефектов, таких, как трещина, пористость, ликвация, которые могут отрицательно повлиять на механические свойства арматуры. В тоже время потребители арматурной стали обращают внимание на товарный вид и качество продукции.

Известно, что характер пластической деформации металла на промышленных станах значительно влияет на формирование микро- и макроструктуры и соответственно на механические свойства проката. Особенно это проявляется при применении контролируемой прокатки в сочетании с последующим ускоренным охлаждением, приводящих к повышению уровня механических свойств за счет состояния горячего наклепа до температуры фазового $\gamma \rightarrow \alpha$ -превращения.

Для производства термоупрочненной арматуры на БМЗ используются непрерывнолитые заготовки сечением 125×125×12000 мм из малоуглеродистых и низколегированных марок сталей.

Заготовки нагреваются в печи с шагающими балками и подом при боковом посаде и выдаче заготовок. Температура прокатки 980—1120°C. При производстве арматуры № 25, 32 и 36 вытяжка составляет 31,9, 19,4 и 15,4, а готовый профиль прокатывается за 13, 12 и 10 проходов соответственно. Схема калибровок овал—круг. Для термомеханической обработки арматуры используется трасса термоупрочнения конструкции фирмы "VOEST-ALPINE". Трасса состоит из четырех рав-

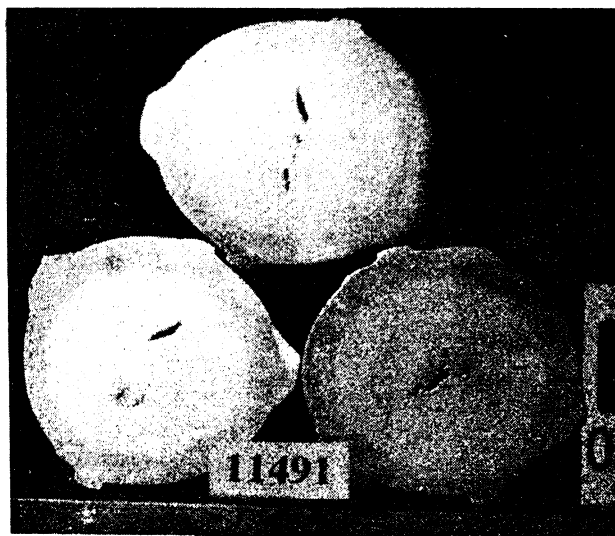


Рис. 1. Характерный вид дефектов термически упрочненной арматуры диаметром 32 мм класса А500с

новеликих по длине автономных зон, работу которых можно сочетать в разных комбинациях. Каждая зона снабжена десятью рабочими трубами с форсунками, причем форсунки могут находиться в рабочем или заглушенном состоянии. По длине трассы в заданных местах устанавливаются водовоздушные отсечки. Максимальное рабочее давление воды в пределах 12—13 бар. Таким образом, конструктивное исполнение трассы термоупрочнения позволяет производить охлаждение арматуры до заданной температуры самоотпуска как непрерывно (прерванное охлаждение), так и прерывистым способом, используются отсечки и определенное количество труб с рабочими и заглушенными форсунками (прерывистое охлаждение).

Цель настоящей работы — исследование причины повышения склонности к трещинообразованию при упрочнении арматурных стержней в потоке прокатного стана 320 и их устранение.

Исследовали макроструктуру непрерывнолитой заготовки, используемой для производства термоупрочненной арматуры, как по длине, так и в поперечном сечении. По длине заготовки в осевой зоне расположены поры размером 0,1—20 мм. Расположение пор в осевой зоне заготовки носит случайный характер.

По поперечным темплетам оценена макроструктура 420 плавок по ОСТ14-1-235. В 87,5% случаев центральная пористость в непрерывнолитой заготовке не превышает 2-го балла. В оставшихся 12,5% оценивается 3—4-м баллом.

Микроструктурные исследования, проведенные Национальной металлургической академией Украины [1], показали, что структура термоупрочненных арматурных стержней представляет собой мелкоигольчатые продукты распада переохлажденного аустенита в промежуточной области по бейнитному типу. В участках, прилегающих к трещине, выявлены включения избыточной фазы, которые расположены по границам зерен. Микрорентгено-спектральный анализ включений показал, что основу исследуемых фаз составляют марганец и кремний. В центральной части арматурных стержней наблюдаются ликвация кремния, марганца и серы, повышенное количество неметаллических включений.

На основании металлографического и микрорентгеноспектрального анализов можно предположить, что неметаллические включения инициируют возникновение микротрещин в основном металле. Это объясняется тем, что при деформации вокруг неметаллических включений возникает значительная концентрация напряжений. Кроме того, в калибровках сортовых станов предусматривается, как правило, изменение деформации в клетях на 90°. При этом максимальные касательные напряжения направлены под углом 45° к направлению действия главных напряжений. При кантовке металла направление пластического течения не

меняется и происходит практически в одних и тех же местах сечения деформированного проката. Следовательно, в определенных плоскостях по сечению проката происходит локализация деформации, вызванная схемой нагружения, что способствует возникновению напряжений. Ускоренное охлаждение арматурных стержней непосредственно за чистовой клетью стана вызывает в них значительные термические напряжения. В работе [2] установлено, что при максимальном перепаде температур между периферийной точкой и центром тела растягивающие напряжения достигают максимума и могут превышать предел прочности металла.

Следовательно, термические напряжения в сумме с напряжениями прокатного происхождения и микронапряжениями вокруг неметаллических включений могут превысить прочность границы раздела включений с матрицей. В результате происходит разделение по границе матрица — неметаллическое включение и образуется микрополость или крупная трещина в неметаллическом включении, которая под действием растягивающих усилий перерастает в микротрещину в матрице проката. Магистральные трещины появляются при слиянии микрополостей и распространяются по плоскостям, обогащенным микротрещинами, сливаясь с ними по пути своего продвижения.

Учитывая особенности сортамента и технологии производства арматурной стали в условиях БМЗ, использование непрерывнолитых заготовок с осевой пористостью в виде крупных пустот, низкое давление воды 9—13 бар, были намечены мероприятия на снижение термических напряжений, возникающих при термомеханической обработке арматурной стали.

Усовершенствовали режимы термоупрочнения с прокатного нагрева путем внедрения прерванной закалки с самоотпуском при многократно повторяющихся циклах охлаждения и отогрева. Для этого провели реконструкцию трассы термоупрочнения, ввели в действие секцию № 2, удлинив тем самым рабочую зону с 26 до 52 м. Это позволило использовать прерывистое охлаждение проката.

При разработке режимов упрочнения арматурных профилей № 25—36 учитывалось, что при охлаждении прутка сплошным потоком воды поверхностные слои должны переохлаждаться ниже точки мартенситного превращения, а среднемагистральная температура после охлаждения должна составлять 500—600 °С, обеспечивая самоотпуск мартенсита и превращение аустенита в центральных слоях с образованием ферритно-перлитной структуры. При этом продолжительность процесса при неизменной скорости прокатки и длине трассы охлаждения постоянна. Изменением такого параметра как интенсивность теплообмена, осуществляемого регулированием расхода и давления охлаждающей воды, достигалась такая температура самоотпуска

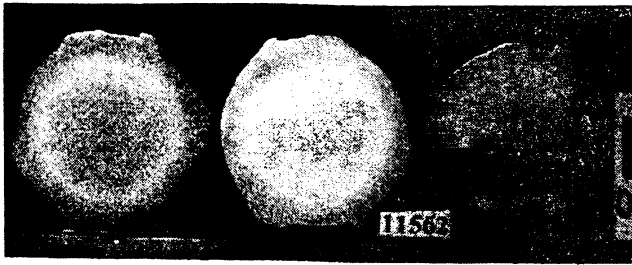


Рис. 2. Макроструктура термоупрочненной арматуры диаметром 36 мм (плавка №11562) термомеханически обработанной по схеме "прерывистое охлаждение"

проката, которая обеспечивала формирование требуемого структурного состояния изделия.

Опытно-промышленное опробование термомеханического упрочнения арматуры № 25—36 подтвердило правильность выбора режимов охлаждения, при которых превращение аустенита по сечению происходит в заданном температурном интервале. Очевидно, по принятой схеме термообработки "прерывистое охлаждение", когда имеются промежуточные участки отпуска, максимальный перепад температур между центром тела и поверхностью снижается на столько, что в заключительный момент охлаждения суммарные напряжения (температурные, структурные и прокатного происхождения) снижаются до уровня, заметно меньшего пределов прочности и текучести.

По схеме "прерывистое охлаждение" было термически обработано и исследовано 142 плавки, из них 37—№ 25, 91—№ 32 и 14—№ 36. На всем прокате дефектов в центральной части прутков не обнаружено (рис. 2).

Исследовано структурное состояние термомеханически упрочненной арматуры диаметром 36 мм. Поверхностный слой прутка состоит из мартенсита отпуска. Затем наблюдается слой менее 1 мм, в котором выявилась структура перлита с ферритной оторочкой. За этим слоем располагаются бейнитные структуры. Толщина бейнитного слоя меньше, чем мартенситного. В центральных слоях встречаются участки перлита с выделениями феррита по границам зерен. Основная составляющая — видманштеттова структура.

Разработанная схема термомеханической обработки внедрена в промышленное производство термоупрочненной арматуры № 25—36 классов 460 и 500 из непрерывнолитых заготовок сечением 125×125 мм на РУП "БМЗ".

Литература

1. Гончаров Ю. В., Хлынцева Т. В., Дудука В. А. // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. 2000. №8—9. С. 255—256.
2. Урбанов Л. И., Крамченков Е. М., Логинов В. П. // *Изв. вузов. Черная металлургия*. 1998. № 11. С. 48—51.