ХОЛОДНОДЕФОРМИРОВАННЫЙ АРМАТУРНЫЙ ПРОКАТ ИЗ КАТАНКИ С КАРБОНИТРИДНЫМ УПРОЧНЕНИЕМ

COLD-ROLLED REINFORCEMENT FROM HOT ROLLED ROD STRENGTHENED BY CARBONITRIDES

*Ивченко А.В., ст. научный сотрудник, Рабинович А.В., профессор,*

*Бубликов Ю.А., доцент, Амбражей М.Ю., научный сотрудник,*

*НМетАУ, Днепропетровск*

*Ivchenko A.V., senior scientific officer, Rabinovich A.W., professor, Bublikov Yu.A., associate professor, Ambrazhey M.Yu., scientific officer,*

*NMetAU, Dnepropetrovsk*

Одним из эффективных направлений снижения металлоемкости железобетонных строительных конструкций без потери их надежности и долговечности является применение арматурного проката класса прочности В500С, В600 (ДСТУ ENV 10080, [1] и др.), произведенного путем дополнительной холодной пластической деформации круглой гладкой заготовки повышенной прочности в мотках (катанки).

Альтернативой получения катанки повышенной прочности с частичным использованием традиционных технологических решений является сквозная технология, основанная на применении низколегированных конструкционных сталей с карбонитридным упрочнением (КНУ) со «сверхравновесным» содержанием азота, в которых содержание базовых элементов (*С*, *Si*, *Mn*) соответствует рядовым маркам сталей Ст1-Ст3, а расходные коэффициенты при переделе находятся на уровне полуспокойного металла за счет образования рассредоточенной усадочной раковины. Сущность технологии, широко опробованной в промышленных условиях, заключается в микролегировании стали азотом до концентрации, превышающей его растворимость в твердом металле при температуре кристаллизации, в комплексе с титаном и алюминием. При этом удорожание на микролегирование не превышает 2% от стоимости проката. Независимо от степени легирования предлагаемых сталей этого класса основной вклад в обеспечение комплекса перечисленных выше требований вносят избыточные карбонитридные фазы, регулирующие зеренную микроструктуру металла. При этом замена широко используемого для этих целей дорогостоящего и дефицитного ванадия принципиально изменяет механизм формирования микроструктуры, т.к. образование нанонитридных включений титана происходит уже при температуре ликвидус, что предусматривает получение мелкодисперсной литой структуры и позволяет эффективно ограничить рост зерна аустенита при последующих нагревах. Проведенными исследованиями установлено, что образование нитридов титана в жидкой низколегированной стали происходит уже при его содержании ≥ 0,006% и концентрации азота выше 0,010%. Ввод алюминия (0,02-0,04%) позволяет провести не только глубокое раскисление стали, но и обеспечить формирование однородной мелкодисперсной феррито-перлитной структуры за счет образования нитридов алюминия. При этом образование нитридов алюминия происходит только в твердом состоянии в процессе горячей деформации или при термической обработке. Кроме того, указанный уровень концентрации алюминия гарантирует исключение старения продукции из катанки в процессе длительной эксплуатации.

С целью проверки высказанных выше положений, на метизном предприятии холодной пластической деформации для производства арматурного проката с трехсторонним профилем по DIN 488 были подвергнуты образцы катанки диаметром 8 мм из стали с КНУ. Химический состав проката ∅8 мм из опытной стали с КНУ приведен в таблице 1, результаты испытаний механических свойств в исходном горячекатаном состоянии и холоднодеформированном состоянии представлены в табл. 2.

Таблица 1 – Химический состав опытной стали

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Марка стали | Химический состав, % мас. | | | | | | | |
| С | Mn | Si | S | P | Cr | Ni | Cu |
| Ст3сп | 0,19 | 0,62 | 0,30 | 0,010 | 0,016 | 0,22 | 0,13 | 0,18 |

Уровень микролегирования стали титаном и алюминием соответствовал указанным выше пределам. Содержание азота рассчитывалось по уравнениям полученным в работе [2].

Таблица 2 –Механические свойства проката из стали Ст3 с КНУ

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Марка стали | Диаметр проката, мм | Механические свойства | | | | |
| σ0,2 , Н/мм2 | σв , Н/мм2 | σв/σ0,2 | δ5 , % | δр , % |
| Ст3сп | 8 (г/к) | 365 | 537 | 1,56 | 36,5 | 18,3 |
| Ст3сп | 7,5 (х/д) | 512 | 611 | 1,20 | 20,7 | 6,0 |
| Ст3сп | 6 (х/д) | 632 | 728 | 1,19 | 14,2 | 2,7 |

В результате проведенных исследований показано, что основными достоинствами применения низколегированной стали с карбонитридным упрочнением для производства холоднодеформированного арматурного про-ката является получение повышенной прочности исходной заготовки (катан-ки) с пределом текучести 360-430 Н/мм2 за счет микролегирования рядовой углеродистой стали Ст3сп азотом, титаном и алюминием, а ее дальнейшая холодная пластическая прокатка позволяет получить арматурный проката класса В500С, В600 даже при небольших степенях деформации (e ~ 0,1).

Список литературы

1. Мадатян С. А. Арматура железобетонных конструкций. – М.: Воентехлит, 2000.-256 с.
2. Теоретические основы и технология оптимального микролегирования электростали азотом, титаном и алюминием / А. В. Рабинович, Г. Н. Трегубенко, М. И. Тарасьев и др. // Зб. наукових праць “Сучасні проблеми металургії ”. Т. 7. – Дніпропетровськ: Системні технології, 2005. – С. 97-107.