

УДК 669.017:621.771.25.016.3:669.15'26'28-194

Луценко В. А.
Голубенко Т. Н.**ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СОРТОВОГО ПРОКАТА
ИЗ ХРОМОМОЛИБДЕНОВОЙ СТАЛИ**

Охлаждение готового проката является важной технологической операцией, определяющей качество готового проката. Прокат из углеродистых и легированных сталей принято охлаждать на воздухе. При быстром охлаждении проката больших сечений из сталей высокоуглеродистых и легированных марок могут появляться внутренние микро- и макротрещины, а также трещины, выходящие на поверхность проката. Одной из главных причин низкого качества (брака) сортового проката является образование флокенов, вызванных повышенной насыщенностью металла водородом (более $2 \text{ см}^3/100 \text{ г}$ металла). Количество водорода в металле зависит от способа выплавки стали. Для снижения остаточного водорода в стали используют противфлокенную термическую обработку, включающую охлаждение проката до температур, обеспечивающих распад аустенита ($150\text{--}300 \text{ }^\circ\text{C}$), нагрев до подкритической температуры ($600\text{--}700 \text{ }^\circ\text{C}$), продолжительную выдержку и медленное охлаждение [1]. Такая обработка является достаточно энергозатратной, так как может достигать от 20 до 50 часов в зависимости от размеров сечения проката [2].

С внедрением в производственной технологической цепочке операции вакуумирования при выплавке стали в сортовом прокате, количество водорода значительно снижается [3]. Однако после снижения количества водорода в металле до нормируемого уровня, продолжительную термическую обработку продолжают использовать в качестве смягчающей, так как качество металла после прокатки не соответствует требуемому уровню – повышены значения твердости. Высокие значения твердости в горячекатаном сортовом прокате из конструкционных легированных сталей приводит к значительному снижению стойкости инструмента при обработке резанием. Поэтому для такого проката необходимо обеспечить нормируемые значения твердости ($< 250 \text{ НВ}$) [4]. Значения твердости проката после прокатки и охлаждения на спокойном воздухе показаны на рис. 1.



Рис. 1. Значения твердости горячекатаного проката из хромомолибденовой стали трех плавков после охлаждения на воздухе

Повышению значений твердости способствует образование в структуре металла большого количества структур промежуточного типа. На рис. 2 приведена структура центра проката из хромомолибденовой стали после охлаждения на воздухе. Основу структуры металла составляет бейнит (до 80 %).

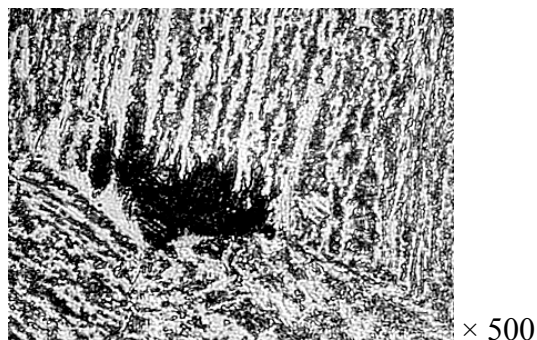


Рис. 2. Микроструктура горячекатаного проката из хромомолибденовой стали после охлаждения на воздухе $\times 500$

Целью работы является разработка технологических предложений, обеспечивающих необходимые значения твердости сортового проката при сокращении смягчающей термической обработки.

Для определения возможности снижения длительности обработки сортового проката из легированных сталей было проведено исследование кинетики распада аустенита хромомолибденовой среднеуглеродистой стали (42Cr4Mo2) следующего химического состава: 0,385 % C; 1,058 % Cr; 0,225 % Mo; 0,231 % Si; 0,717 % Mn; $\leq 0,012$ % P; $\leq 0,023$ % S. Результаты представлены на рис. 3–4.

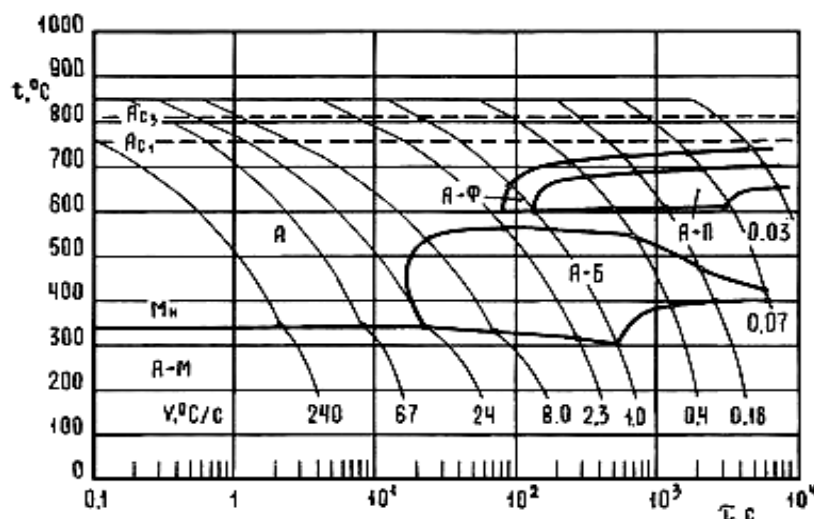
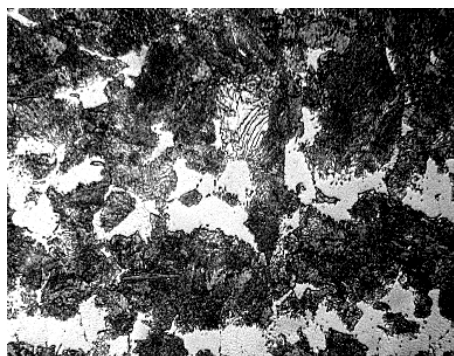
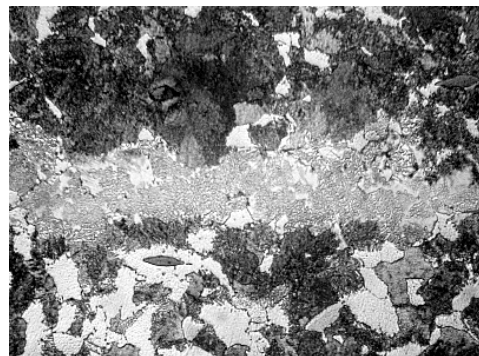


Рис. 3. Термокинетическая диаграмма исследуемой хромомолибденовой стали. Приведенные под линиями значения – скорость охлаждения металла



а



б

Рис. 4. Микроструктура хромомолибденовой стали после нагрева до 850 °С и охлаждения со скоростями 0,03 °С/с (а) и 0,07 °С/с (б)

В качестве эффективного и наименее затратного способа получения необходимых значений твердости горячекатаного проката с исключением необходимости проведения дополнительной смягчающей термообработки можно использовать эффект разупрочняющей термомеханической обработки [5].

Скорость охлаждения горячекатаного проката в производственных условиях составляет около 0,4–0,6 °C/с [6, 7]. Согласно выше приведенной диаграмме бейнитные структуры начинают образовываться при охлаждениях со скоростью $\geq 0,07$ °C/с. Поэтому после деформации горячекатаный прокат целесообразно охлаждать медленно, со скоростью менее 0,03 °C/с. Для реализации таких условий охлаждения в технологических линиях производства проката после горячей деформации на холодильниках для замедленного охлаждения необходимо использовать термоизоляционные крышки или защитные колпаки. Такая обработка не требует дополнительных затрат электроэнергии, так как используется тепло прокатного нагрева. Существенным преимуществом такой технологии производства является устранение еще одной возможной проблемы при охлаждении на воздухе – это коробление проката, особенно крупносортового. Замедленное охлаждение снижает разность температур по сечению проката, тем самым, уменьшая величину возникающих термических напряжений в металле.

Таким образом, применение разупрочняющей термомеханической обработки сортового проката из хромомолибденовой стали позволит обеспечить требуемые значения твердости и исключить коробление проката.

ВЫВОДЫ

Исследование кинетики распада аустенита хромомолибденовой стали с построением термокинетической диаграммы дало возможность определить необходимую скорость охлаждения проката, обеспечивающую отсутствие бейнитной структуры. Рекомендована разупрочняющая термомеханическая обработка сортового проката из хромомолибденовой стали, включающая охлаждение проката после горячей деформации со скоростью менее 0,03 °C/с, что обеспечит в готовом прокате необходимый комплекс свойств: снижение твердости до требуемого уровня и устранение коробления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Совершенствование режима термической противоблокованной обработки крупных поковок / Мирзаяев Д. А., Воробьев Н. И., Токовой О. К., Шабуров Д. В., Фоминых Е. А. // *Сталь*. – 2005. – № 10. – С. 89–91.
2. Влияние технологии производства на качественные характеристики горячекатаного крупносортового проката из хромомолибденовой электростали / В. А. Луценко, В. А. Маточкин, Т. Н. Панфилова, В. И. Щербаков // *Бюл. научно-технической и экономической информации. Черная металлургия*. – 2009. – Вып. 4. – С. 57–59.
3. Панфилова Т. Н. Влияние термомеханической обработки на структурообразование и свойства низколегированного крупносортового проката / Т. Н. Панфилова, В. А. Луценко, А. И. Сивак // *Металлофизика и новейшие технологии*. – 2008. – № 30. Спец. вып. – С. 727–735.
4. ТУ SS:4027. Горячекатаные прутки и заготовки из ковкой нелегированной углеродистой и легированной конструкционной стали для автомобильных деталей.
5. Разупрочняющая термомеханическая обработка проката из углеродистой стали / В. В. Парусов, А. Б. Сычков, В. А. Луценко, Э. В. Парусов // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2003. – № 6. – С. 54–56.
6. Исследование кинетики фазовых превращений в электростали 42Cr4Mo2 / В. А. Луценко, М. Ф. Евсюков, Т. Н. Панфилова, А. И. Сивак // *Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии*. – 2009. – Вып. 20. – С. 208–213.
7. Влияние скорости охлаждения на структурообразование и свойства углеродистой хромомолибденовой стали / В. А. Луценко, Т. Н. Голубенко, М. Ф. Евсюков, А. И. Сивак // *Металознавство та термічна обробка металів*. – 2009. – № 3. – С. 56–60.

Луценко В. А. – канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник ИЧМ НАН Украины;

Голубенко Т. Н. – мл. науч. сотрудник ИЧМ НАН Украины.

ИЧМ – Институт черной металлургии им. З. И. Некрасова Национальной академии наук Украины, г. Днепропетровск.

E-mail: sumer@i.ua