



Influence of temperature of metal fitting in the heating furnace on transformation of cracks is shown. It is established that the most preferable is «hot fitting» from the point of view of decrease of specific gas discharge for the blank heating and productivity increase.

И. А. КОВАЛЕВА, Н. А. ХОДОСОВСКАЯ, А. В. ВЕНГУРА, В. В. ГОРДИЕНКО, ОАО «БМЗ»

УДК 669.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОСАДА МЕТАЛЛА В НАГРЕВАТЕЛЬНУЮ ПЕЧЬ НА ТРАНСФОРМАЦИЮ ТРЕЩИН, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ НЕПРЕРЫВНОЛИТЫХ ЗАГОТОВОК СТАЛИ МАРКИ S355J2

Производство готового проката является завершающей стадией металлургического цикла и оказывает большое влияние на количество и качество выпускаемой продукции, а также на различные технологические и экономические показатели завода. Контроль каждой операции технологического процесса прокатки металла необходим для получения продукции высокого качества без снижения производительности оборудования.

Технологический процесс прокатного производства на различных стадиях обработки металла (нагрев, прокатка, охлаждение и др.) связан с неравномерностью деформации отдельных частей объема металла, что вызывает в последнем различные напряжения.

Неоднородность структуры непрерывнолитого металла, расположение и свойства различных кристаллов, наличие поверхностных и внутренних дефектов усугубляет неравномерность распределения напряжений в процессе обработки металла давлением.

Повышенная склонность к образованию трещин перитектических сталей (рис. 1), к которым относится сталь марки S355J2, обусловлена осо-

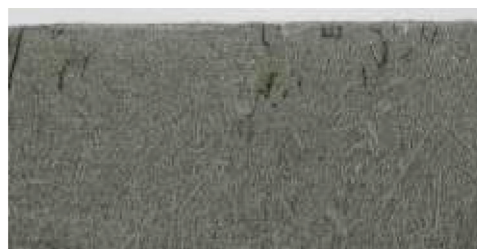
бенностями кристаллизации и структурными превращениями в твердом состоянии. Чем меньше содержание углерода в стали, тем выше температура начала кристаллизации и тем уже интервал кристаллизации.

Высокая скорость затвердевания низкоуглеродистых сталей способствует образованию кристаллитов значительных размеров, росту кристаллитов – также значительное количество тепла, выделяющееся при перитектическом превращении, которое отсутствует при кристаллизации сталей с более высоким содержанием углерода.

Различные дефекты (поверхностные, подповерхностные) непрерывнолитой заготовки, являясь местами повышенной концентрации напряжений и подвергаясь растягивающим напряжениям в процессе прокатки, могут привести к образованию местных хрупких разрушений до того, как среднее напряжение достигнет предела текучести. Установлено, что в большинстве случаев причиной получения несоответствующей продукции является не только качество исходной (непрерывнолитой) заготовки, но и вид посадки металла перед деформацией. Все это свидетельствует о важности



а



б

Рис. 1. Трещины в непрерывнолитой заготовке сечением 300×400 мм, образцы травлены в горячем 50%-ном растворе соляной кислоты: а – наружная поверхность; б – корковая зона макротемплета (поперечное сечение)



Рис. 2. Макроструктура поперечного сечения (300×400 мм) непрерывнолитой заготовки из стали марки S355J2

проведения мероприятий, направленных на улучшение качественных характеристик как исходной заготовки, так и режимов дальнейшей обработки металла.

На ОАО «БМЗ» используются следующие технологические схемы по передаче непрерывнолитой заготовки для дальнейшего проката на дуо-реверсивном стане 850.

1. Машина непрерывного литья заготовки № 3 (далее МЛНЗ-3) → нагревательная печь стана 850 («горячий» посад).

2. МЛНЗ-3 → печь предварительного нагрева стана 850 → нагревательная печь стана 850 («теплый» посад).

3. МЛНЗ-3 → охлаждение непрерывнолитой заготовки под колпаками → печь предварительного нагрева стана 850 → нагревательная печь стана 850 («холодный» посад).

Технология нагрева металла в сочетании с правильно выбранным видом посада способствует в значительной степени локализации отдельных дефектов непрерывнолитой заготовки (рис. 2), улучшению некоторых характеристик готового сорта и, наоборот, не соблюдение указанных выше режимов может привести к получению брака.



Рис. 3. Внешний вид трещин на поверхности горячекатаной заготовки из стали марки S355J2

В исследовательской лаборатории Исследовательского центра ОАО «БМЗ» проводили исследование по определению влияния на образование трещин вида посада в нагревательную печь перед прокаткой непрерывнолитой заготовки сечением 300x400 мм из стали марки S355J2 на дуо-реверсивном стане 850. Основанием для проведения исследований явились участвовавшие случаи обнаружения поверхностных трещин на горячекатаных заготовках при визуальном осмотре на линии отделки стана. С этой целью была исследована проба горячекатаной заготовки, запороченная поверхностными дефектами, которые представляли собой взаимно пересекающиеся небольшие извилистые трещины, в некоторых местах сопровождающиеся рваниной (рис. 3) [1].

В месте расположения трещин был вырезан макротемплет и микрошлиф для металлографического исследования. Макротемплет был протравлен в горячем 50%-ном растворе соляной кислоты. При макроструктурном анализе выявлены трещины, вышедшие и не вышедшие на поверхность темплета (рис. 4, а). Для уточнения классификации дефекта дополнительно с макротемплета был снят серный отпечаток по методу Баумана, на котором

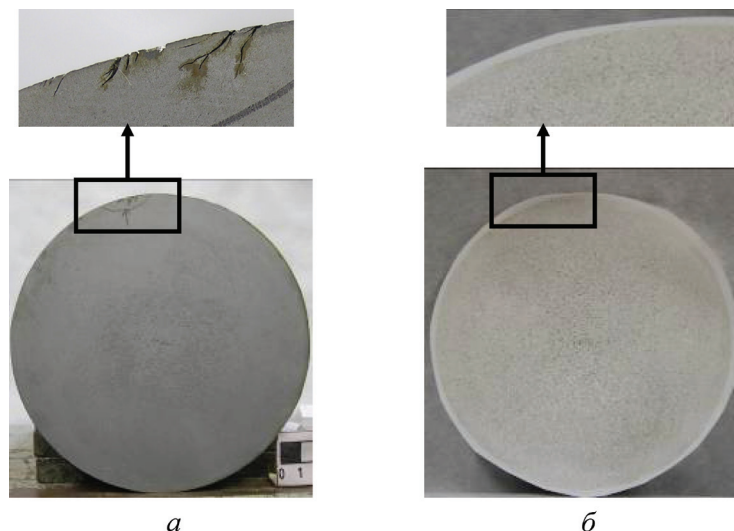


Рис. 4. Поперечное сечение горячекатаной заготовки диаметром 140 мм из стали марки S355J2: а – серный отпечаток; б – макроструктура

в месте расположения дефектов ликвации серы не наблюдается (рис. 4, б).

Микроисследования показали, что поверхностные трещины расположены под прямым углом, извилисты, малой ширины, с наличием ответвлений и незначительного обезуглероживания (рис. 5, а, б).

Для выявления характера происхождения трещин дополнительно было произведено травление исследуемого образца в реактиве Обергоффера. При микроскопическом анализе вокруг полости трещины характерных участков с ликвацией легкоплавких компонентов (которые при травлении окрашиваются в белый цвет) не обнаружено (рис. 5, в).

Известно, что с увеличением продолжительности выдержки непрерывнолитых заготовок под колпаками после разливки перед посадом в нагревательную печь прокатного стана снижается частота появления поверхностных дефектов в прокате и, в конечном итоге, при нагреве непрерывнолитой заготовки от комнатной температуры под прокатку резко снижается количество поверхностных дефектов [2].

Установлено, что такие поверхностные дефекты наследуются с непрерывнолитых заготовок и трансформируются с образованием грубых нарушений сплошности наружных и подповерхностных слоев металла при передаче их в нагревательную печь в интервалах критических температур с последующим нагревом.

При остывании перитектическая сталь претерпевает следующие фазовые превращения. В точке A_{T3} (температура составляет $910\text{ }^{\circ}\text{C}$) начинается выделение феррита из аустенита. Этот процесс идет до точки A_{T1} (температура составляет $727\text{ }^{\circ}\text{C}$), где происходит превращение аустенита в перлит.

Оба эти превращения сопровождаются значительным объемным эффектом, поскольку феррит имеет удельный объем примерно на $0,8\%$ больше, чем аустенит. Если непрерывнолитые заготовки посадить в нагревательную печь до начала выделения феррита (т. е. с температурой поверхности выше точки A_{T3}), то при последующем нагреве металла не произойдет каких-либо существенных объемных изменений. В то же время при посадке непрерывнолитых заготовок, температура которых находится между точками A_{T3} и A_{T1} (или несколько ниже A_{T1}), в процессе нагрева перед прокаткой происходит обратный процесс перехода перлита и феррита в аустенит. Последнее вызывает уменьшение удельного объема, приводящее к появлению на поверхности блюмов растягивающих напряжений. В случае горячего посада, когда поверхность непрерывнолитой заготовки остыла несколько ниже точки A_{T3} , а нижележащие слои горячее поверхностных слоев, как структурные, так и тепловые напряжения будут растягивающими, создавая значительную суммарную величину. Наиболее опасными с точки зрения возникновения трещин являются слои, близкие к внешней границе, на которой действуют максимальные растягивающие напряжения. При низкой пластичности и прочности подкоркового слоя такие напряжения будут вызывать разрывы металла. Из этого следует, что охлаждение, а также нагрев холодных непрерывнолитых заготовок не представляет опасности в части возникновения значительных поверхностных напряжений, так как в этих случаях напряжения, вызванные полиморфными превращениями, компенсируются тепловыми напряжениями [3].

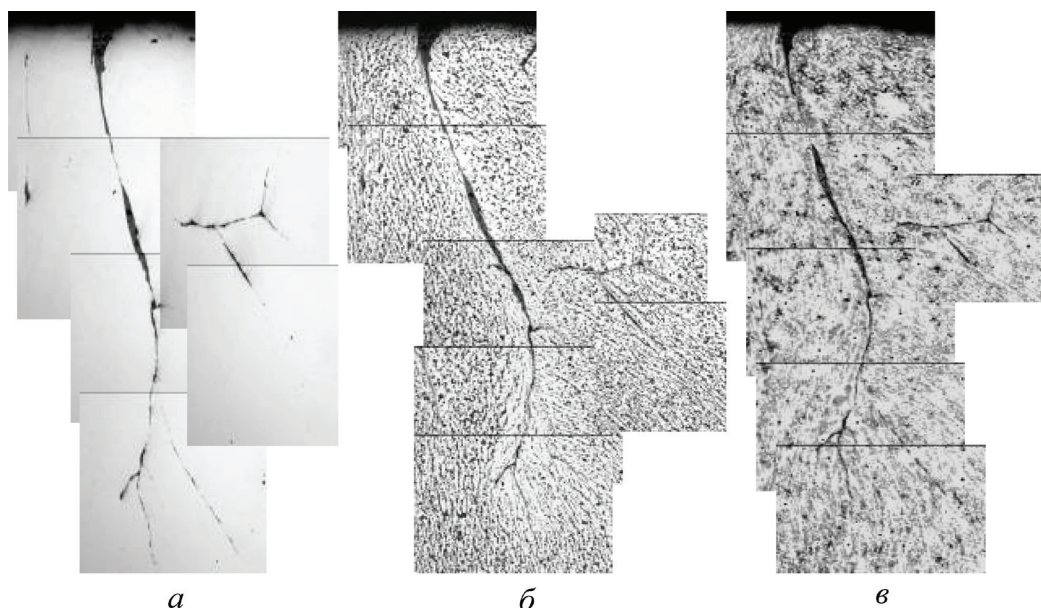


Рис. 5. Трещины в поперечном сечении микрошлифа: а – нетравленный образец; б – травленный в 4%-ном спиртовом растворе азотной кислоты; в – травленный в реактиве Обергоффера. $\times 50$

С точки зрения снижения удельного расхода газа на подогрев заготовки и увеличения производительности наиболее предпочтительным является «горячий» посад. Однако при наличии на непрерывнолитой заготовке поверхностных дефектов (трещин) использование такой схемы не исключает возможность дальнейшего развития и трансформации дефектов в готовом сорте, так как исследуемые трещины на горячекатаной заготовке получены из-за тепловых и структурных напряжений при

«горячем» посаде литого металла в нагревательную печь. В таких случаях рекомендовано применение «теплого» и «холодного» посадков (т. е. достижение компенсации полиморфного превращения тепловыми напряжениями), что позволяет получить удовлетворительное качество горячекатаной заготовки и минимизировать брак готовой продукции. Проведенные исследования подтверждены лабораторными и промышленными экспериментами.

Литература

1. Новокшенова С. М., Виноград М. И. Дефекты стали: Справ. М.: Metallurgy, 1984.
2. Жадан В. Т., Осадчий А. Н., Стеценко Н. В. Отделка и термическая обработка сортового проката. М.: Metallurgy, 1978.
3. Гуляев А. П. Металловедение. М.: Metallurgy, 1986.