

УДК 53.084.823

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ОБРАЗОВАНИЯ ДЕФЕКТОВ В ПРОКАТАННЫХ НЕПРЕРЫВНОЛИТЫХ ЗАГОТОВКАХ

Юрий Сергеевич Мыльников, Дмитрий Игоревич Крендясев

*Студенты 6 курса,
кафедра «Оборудование и технологии прокатки»
Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: А.В. Иванов,
кандидат технических наук, доцент кафедры «Оборудование и технологии прокатки»*

При производстве проката из трубных сталей на широкополосных станах горячей прокатки большие потери металла связаны с тем, что значительная часть готовых полос поражена поверхностными дефектами в виде трещин.

Происхождение дефектов горячекатаного проката обусловлено, прежде всего, качеством поверхности исходной заготовки, а также режимами прокатки некачественных непрерывнолитых заготовок, когда имеющиеся дефекты на поверхности непрерывнолитого сляба являются концентраторами напряжений при прокатке. Поверхностные и внутренние дефекты возникают в непрерывнолитых слябах по целому ряду причин, связанными, прежде всего, с выбором технологии производства непрерывнолитой заготовки, а также с недостатками в работе МНЛЗ, с особенностями химического состава разливаемых сталей, их прочностными и пластическими характеристиками и теплофизическими условиями затвердевания слитков.

Анализ отечественной и зарубежной литературы показывает, что данной проблеме посвящено значительное число работ. В связи с этим можно сделать вывод о том, что исследование возможностей зарождения и развития трещин в непрерывнолитом слитке и развитие трещин в процессе прокатки представляет интерес, имеет большое практическое значение и является актуальной задачей.

Очевидно, что аналитически решить данную задачу не представляется возможным, поэтому авторами было предложено исследовать данную проблему численными методами анализа.

На кафедре оборудования и технологий прокатки МГТУ им. Н.Э. Баумана накоплен значительный опыт по численному моделированию различных технологических процессов, в том числе таких, как непрерывная разливка стали и процессы обработки металлов давлением. Было решено, задачу развития трещин на стадии непрерывной разливки и прокатки слябов из трубных сталей рассмотреть по отдельности.

При численном исследовании термомеханического состояния корочки непрерывнолитого слитка на ранней стадии затвердевания в кристаллизаторе и в зоне вторичного охлаждения авторами было решено большое количество тестовых задач, имеющих известное аналитическое решение. Это было сделано с целью выбора математической модели, граничных условий, моделей материалов, позволяющих адекватно моделировать поведение металла при высоких гомологических температурах в жидком, твердожидком и твердом состоянии, контактное механическое и тепловое взаимодействие корочки слитка с кристаллизатором и в зоне вторичного охлаждения.

Анализ существующих моделей материала показал, что описание поведения металла при высоких температурах в большинстве случаев сводится к уравнениям ползучести. Используя экспериментальные данные, был проведен сравнительный

анализ наиболее распространенных из них, и в результате была определена модель материала и ее материальные константы, дающие наименьшее отклонение от эксперимента. На основе выбранной модели и условий теплообмена в кристаллизаторе и в зоне вторичного охлаждения, был произведен расчет напряженно-деформированного состояния и температур в корочке непрерывнолитого слитка. Используя полученные данные и известные критерии разрушения при высоких температурах, был проведен анализ мест зарождения дефектов в непрерывнолитом слитке, с учетом реальной формы кристаллизатора.

Как уже отмечалось, на стадии прокатки непрерывнолитых слябов трещины литой заготовки не только смещаются по поперечному сечению, но могут зарождаться и новые трещины. Численный анализ такой задачи требует разработки критериев разрушения заготовок во время горячей прокатки и залечивания дефектов во время пауз. Был выбран критерий разрушения, позволяющий рассчитывать накопленную поврежденность металла во время обработки давлением, с учетом его напряженно-деформированного состояния, температуры и начальной поврежденности. Для автоматизированного расчета ресурса пластичности авторами была написана процедура на языке программирования. С её помощью был проведен численный анализ ресурса пластичности непрерывнолитых слябов во время прокатки на моделях в плоской и объемной постановке, в результате которого была получена информация о местах наибольшей поврежденности в заготовке.

Совместное решение задач непрерывного литья слябов и их последующей прокатки на основе предложенного авторами подхода позволяет предсказывать места образования трещин с учетом режимов литья и прокатки, а также выбирать рациональные технологические режимы, ограничивающие смещение трещин по сечению слябов.

Обнаружение и своевременное устранение причин возникновения трещин в непрерывнолитых заготовках на всех стадиях технологического процесса позволит улучшить качество листовой продукции и, как следствие, готовых труб, снизить процент брака на производстве, что может привести также к увеличению производительности машины непрерывного литья заготовок и улучшить экономическое состояние предприятия.

Литература

1. Колмогоров В.Л. Напряжения, деформации, разрушение. Изд-во «Металлургия», 1970. – 229 с.
2. Weiner J.H. Elasto-plastic thermal stresses in a solidifying body / Weiner J.H., Boley B.A. // I. Mech. Phys. Solids. – 1963. – Vol. 11. – pp. 145-154.
3. Y. M. Won, T. J. Yeo, D. J. Seol and K. H. Oh. A New Criterion for Internal Crack Formation in Continuously Cast Steels, Metallurgical and materials transactions, 2000, Vol. 31B, pp. 779-794.
4. Гун Г.Я. Теоретические основы обработки металлов давлением. Учебник для вузов. М., «Металлургия», 1980. – 456 с.
5. Wray P.J. Effect of carbon content on the plastic flow of plain carbon steels at elevated temperatures / P.J. Wray // January 1982. – Vol.13A. – pp. 125-134.
6. Li. C. Thermo-Mechanical finite element model of shell behavior in the continuous casting of steel / Li. C. and Thomas B.G.// Sydney, NSW, Australia, Trans. Tech., pp. 827-834.
7. Risso J. Generalized plane strain formulation for continuous casting simulation / Risso J., Huespe A. and Cardona A. A // November 2003. – Vol.23.