

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГОРЯЧЕЙ ДЕФОРМАЦИИ БИЛЛЕТА С УЧЕТОМ ГЕОМЕТРИИ ВНУТРЕННИХ ДЕФЕКТОВ

Стяжин Анатолий Николаевич, *аспирант*,

Сидоров Александр Александрович, *к.т.н., инженер ООО ТеСИС*

Стяжин Владимир Николаевич, *к.т.н.*,

Волчков Валерий Матвеевич, *к.т.н., доцент*

*Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Россия*

Одной из наиболее сложных задач при производстве крупных поковок является получение однородной осевой зоны. Поскольку данные изделия применяются в ответственных деталях (ротора турбогенераторов, судовые валы и т.д.) требования по физической неоднородности к готовым изделиям достаточно высоки.

Перископическим осмотром осевых каналов и ультразвуковым контролем заготовок роторов [2] установлено преимущественное расположение дефектов в осевой части заготовок в пределах бочки ротора, ограниченной диаметром примерно 300 мм, с незначительным смещением к верхней части слитка (рисунок 1). Дефекты представляют из себя продольно-радиальные трещины, залегающие на глубине до 100 мм от осевого канала

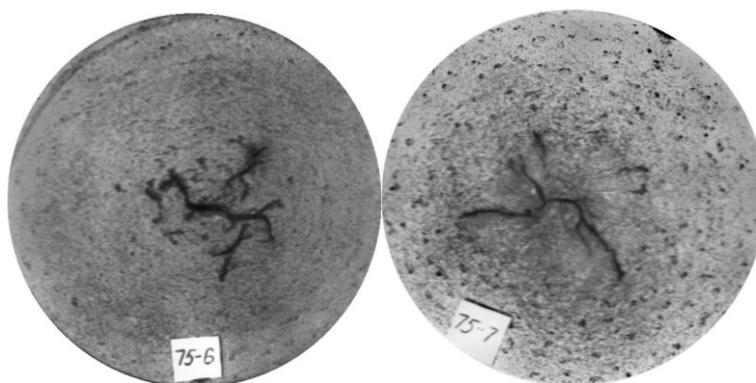
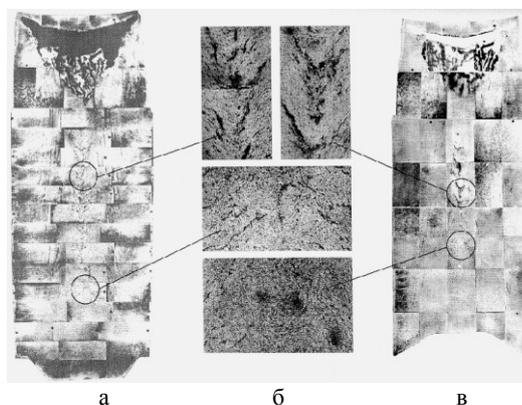


Рисунок 1 – Осевые дефекты в поковках, обнаруженные ультразвуком.

В ходе анализа литой структуры слитков стали 38ХНЗМФА массой 24,2 т обычной геометрии и массой 22,5 т слитка с выпуклым поддоном была обнаружена дефектная осевая зона [1,3]. В данной области находятся V-образные трещины, образующиеся на этапе затвердевания слитка.



а – слиток обычной конфигурации; б – фрагменты дефектных участков осевой зоны; в – слиток с выпуклым поддоном.

Рисунок 2 – Результаты анализа макроструктуры слитков

В ходе исследования были измерены геометрические параметры трещин, расположенных в осевой зоне и построена 3D модель биллета с учетом геометрии внутренних дефектов.

Моделирование процесса горячейковки было разделено на 2 этапа:

- 1) моделирование нагрева перед ковкой;
- 2) моделирование процесса горячей деформации.

На рисунке 3 показано распределение температуры по сечению биллета, полученное в результате компьютерного моделирования с помощью пакета [DEFORM-3D](#).

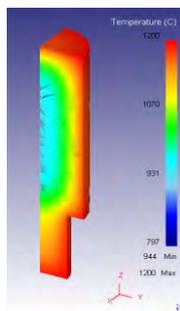
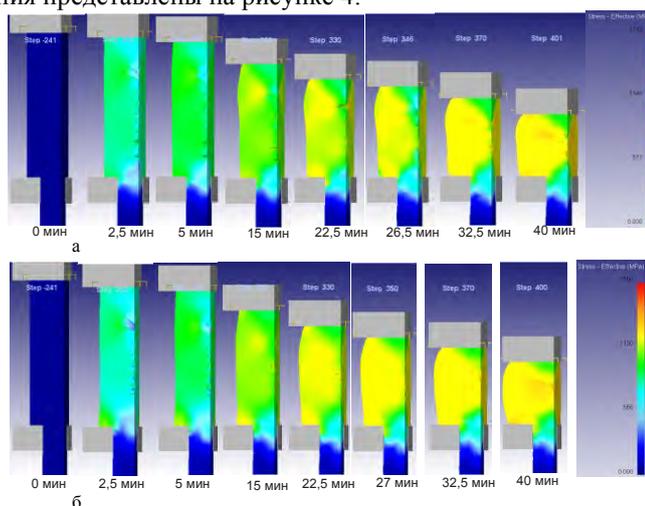


Рисунок 3 – Распределение температуры по сечению биллета слитка массой 24,2 т стали 38ХНЗМФА

На следующем шаге было проведено моделирование процесса горячей деформации. В качестве граничных условий были взяты параметры технологического процесса осадки, поскольку считается, что именно на данном этапе тех. процесса происходит устранение осевых дефектов.

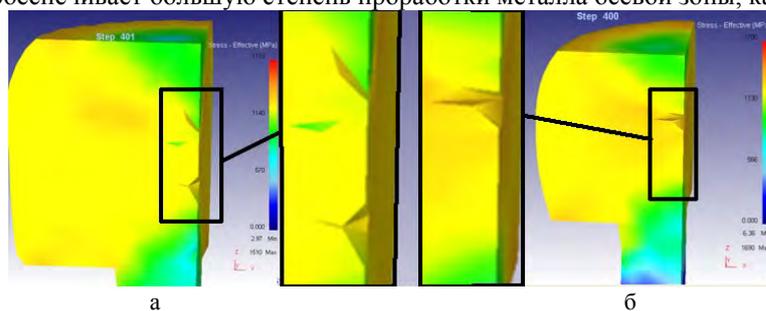
Результаты моделирования представлены на рисунке 4.



а – слиток обычной геометрии; б – слиток с выпуклым поддоном.

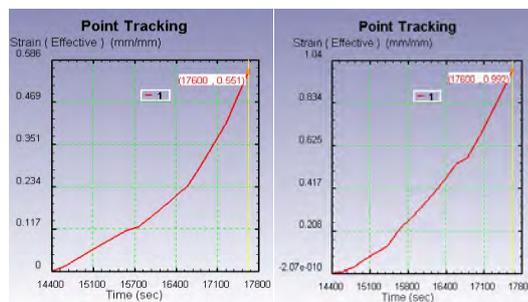
Рисунок 4 – Динамика изменения формы и изменение напряжений по сечению слитков в процессе горячей деформации

В ходе моделирования была выявлена динамика изменения дефектов в осевой зоне слитков различной геометрии. В результате отчетливо видно, что в процессе осадки некоторые трещины заживают, в то время как другие, расположенные ближе к донной части слитка (так называемые L-образные), располагаются в неблагоприятном направлении, совпадающем с направлением наибольших напряжений. Это приводит к увеличению трещин и, как следствие к следующей отбраковке готового изделия. Также было выяснено, что применение измененной геометрии значительно снижает риск образования трещин в ходе осадки, а также обеспечивает большую степень проработки металла осевой зоны, как видно на рисунке 5.



а – слиток обычной конфигурации; б – слиток с выпуклой донной частью.

Рисунок 5 – Распределение суммарных напряжений после процесса горячей деформации слитков



а – слиток обычной геометрии; б – слиток измененной геометрии.

Рисунок 6 – Характер изменения эффективных деформаций с течением времени в осевой зоне слитка.

О большей степени проработки осевой зоны говорит также изменение степени эффективных деформаций. Из представленных на рисунке 6 графиков видно, что для слитка с выпуклым поддоном (рисунок 6б) данный параметр практически в 2 раза выше, чем в слитке обычной геометрии (рисунок 6а).

Выводы:

1. Появление дефектов в осевой зоне поковок связано с наличием трещин, появляющихся в слитках ещё на этапе разливки и затвердевания.
2. Моделирование технологических процессов в пакете DEFORM-3d позволяет проследить за предполагаемым изменением геометрии дефектов в процессе горячейковки и предсказать их наличие или отсутствие в готовом изделии.
3. Сравнительный анализ, проведённый с помощью компьютерного моделирования, показал, что применение слитков измененной геометрии обеспечивает более благоприятные условия для устранения трещин, как на этапе изготовления слитка, так и в процессековки, обеспечивая более плотную структуру осевой зоны и, как следствие, увеличение эффективной деформации в осевой зоне в 2 раза.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Жульев С.И., Производство и проблемы качества кузнечного слитка: Монография / С.И. Жульев, Н.А. Зюбан // ВолгГТУ. – РПК «Политехник», 2003. – 168 с.
2. Зюбан Н.А. Влияние химической неоднородности на механические свойства поковок их слитков, полученных при различных условиях кристаллизации / Н.А. Зюбан, Д.В. Руцкий, А.Н. Стяжин, А.В. Разоренов, К.Е. Титов // Технология машиностроения. 2009. № 8. С. 11-14.
3. Лебедев В.Н. Влияние формы слитков на качество крупных поковок / В.Н. Лебедев, В.М. Коровина, А.И. Гринюк // Сборник трудов II конференции по слитку. – М.: Металлургия, 1967. – С. 264-269.