

Отзыв научного руководителя, профессора, доктора физико-математических наук Мирзаева Джалала Аминовича о диссертационной работе на соискание учёной степени кандидата технических наук «Теоретические и технологические аспекты энергосберегающей противифлокенной обработки поковок с использованием внепечного замедленного охлаждения в термосах с учетом эффекта захвата водорода ловушками» аспиранта Шабурова Андрея Дмитриевича

У А.Д. Шабурова я был научным руководителем выпускной дипломной работы, которая также была посвящена противифлокенной обработке. Он проявил себя как вдумчивый и добросовестный исследователь. Успешно защитил дипломную работу и с отличием закончил университет. Затем А.Д. Шабуров поступил в аспирантуру ко мне и продолжил исследования по проблеме борьбы с флокенами. Они развивались в трех направлениях.

Как известно, флокены возникают в результате выделения водорода в микропоры или микротрещины из пересыщенного твердого раствора водорода в α -железе. Рост микротрещины происходит под влиянием возрастающего в ходе охлаждения давления молекулярного водорода, усиленного термическими напряжениями. Было несложно рассчитать равновесное давление молекулярного водорода в поре на основе объединения законов Сивертса и состояния идеального газа. Гораздо сложнее была ситуация с термическими напряжениями. Ещё в дипломной работе А.Д. Шабуров написал компьютерные программы расчета охлаждения поковок различного диаметра в разных средах. Затем на основе уравнений термоупругости получил точные выражения для нормальных напряжений σ_r , σ_θ , σ_z в цилиндрических поковках. Однако выяснилось, что по мере приближения температуры к комнатной все напряжения устремляются к нулю. Стало очевидным, что без учета эффекта ползучести, т.е. релаксации напряжений, рассчитать остаточные напряжения невозможно. Поэтому А.Д. Шабуров для одной, но очень важной экспортной стали 40ХГМ, провел обширные испытания на ползучесть при различных температурах и напряжениях и получил общую экстраполяционную формулу для деформации ползучести в зависимости от времени, температуры и напряжений. Используя эту формулу, удалось учесть переход части упругой деформации в пластическую, что приводит к релаксации напряжений. При использовании пакета Ansys, А.Д. Шабуров смог точно рассчитать термические напряжения в поковках. Оказалось, что вблизи комнатной температуры вдоль радиуса проявляются две зоны остаточных напряжений: сжимающих вблизи поверхности и растягивающих в средней и осевой зоне.

Второе направление связано с поиском легирующих элементов, которые бы могли повысить растворимость водорода в α -железе и, тем самым, предотвратить выделение водорода в поры. Потребовалось создание теории растворимости водорода в бинарных сплавах железа; анализ литературных данных о растворимости водорода и определение энергии связи водорода и легирующих элементов. Но эту же величину можно определить из анализа влияния легирующих элементов на коэффициент диффузии водорода в сплаве. Удалось показать, что снижение опасности образования флокенов можно добиться, легируя сталь Pd, Zr, Ti, V, Ce, Nb.

Третье направление борьбы с флокенами относится к сталям, химический состав которых жёстко нормирован техническими условиями. А.Д. Шабуров предложил с целью экономии энергии и затрат резко сократить продолжительность печного изотермического отжига, а для завершения выхода водорода из металла использовать замедленное охлаждение в термосах. При этом автор работы решил две важные задачи о теплообмене охлаждающихся в термосе поковок с атмосферой цеха и о диффузионном удалении водорода в ходе замедленного охлаждения в термосе. Итоги первого решения позволяют рассчитывать скорости охлаждения произвольной садки поковок и усовершенствовать конструкцию термоса, а второе решение позволяет точно рассчитать, на сколько можно сократить длительность изотермического отжига или вообще отказаться от него при использовании термосов.

При участии А.Д. Шабурова были проведены сначала опытные обработки в КПЦ ОАО «Уральская кузница», а затем промышленные испытания, завершившиеся положительным итогом: при использовании термосов флокены не возникали, а экономический эффект от применения данной технологии составил более 10 млн рублей.

Следовательно, в диссертационной работе А.Д. Шабурова решены несколько задач, важных для осуществления противифлокенной обработки экономичными способами в металлургии.

За время работы над диссертацией А.Д. Шабуров проявил себя как талантливый, трудолюбивый ученый. Он безусловно заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Научный руководитель, профессор кафедры
физического металловедения и физики твёрдого тела
Южно-Уральского государственного университета, докт. физ.-мат. наук



Д.А. Мирзаев



Начальник службы
делопроизводства ЮУрГУ
Н.Е. Цулукин


21 января 2014г