

## Отзыв

на автореферат диссертации **Щабурова Андрея Дмитриевича «Теоретические и технологические аспекты энергосберегающей противоблоксной обработки поковок с использованием внепечного замедленного охлаждения в термосах с учетом эффекта захвата водорода ловушками»**, представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности **05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов»**

Диссертационная работа Щабурова А.Д. посвящена разработке теоретических и технологических основ энергосберегающей обработки стальных поковок, позволяющей экономить энергоресурсы при одновременном росте производительности и сохранении высокого качества изделий. Особое внимание в работе уделяется также оценке энергии связи, определяющей степень перевода атомов водорода атомами легирующего элемента из диффузионно-подвижного в неподвижное состояние. **Актуальность** темы работы не вызывает сомнений, поскольку рост производительности и снижение себестоимости в современном металлургическом производстве поковок в сильной степени связаны с необходимостью сокращения длительности самой ресурсозатратной операции – изотермического отжига при противоблоксной термообработке.

В работе получены важные **научные и практические результаты**. Разработана теплофизическая теория диффузионного выделения водорода из стали в условиях замедленного охлаждения поковок в термосе, позволяющая количественно оценить степень сокращения длительности противоблоксной изотермической отжига в зависимости от скорости охлаждения. На основании изучения процессов ползучести при различных температурах и напряжениях в стали 40ХГМ получено уравнение ползучести, с помощью которого при использовании программного комплекса ANSYS можно рассчитать эффекты релаксации напряжений. Показано, что учёт эффекта релаксации напряжений оказывает существенное влияние на их распределение и уменьшает величину напряжений, возникающих при охлаждении поковок от температуры изотермического отжига до комнатной. Наличие на поверхности поковки после охлаждения остаточных сжимающих напряжений препятствует образованию флокенов. Для широкой группы элементов в стали проведены оценки энергии связи атомов легирующего элемента и водорода и показано, что в районе комнатной температуры наиболее сильной связью с атомами водорода обладают атомы палладия, которые наиболее эффективно переводят атомы водорода в разряд диффузионно-неподвижных. Проведен тепловой расчет термоса (теплоизолированного короба) с учетом теплообмена внутри термоса и через его стенку в процессе охлаждения помещенных в него нагретых поковок. Полученное решение теплофизической задачи позволяет оптимизировать конструкции термосов с учетом выявленных мест теплопотерь.

Рассматривая практическую значимость представленной работы, необходимо особо отметить, что на основании проведенных исследований разработан способ

противофлокенной обработки, предусматривающий сокращенную по времени изотермическую выдержку поковок с последующим переносом их на охлаждение в термос-накопитель, предварительно подогретый предыдущим металлом до температуры не ниже 300 °С. Указанный способ, на который получен патент РФ, позволяет при сохранении качества изделий повысить производительность термических печей и, как следствие, обеспечить рост производства. Способ внедрен в производство со значительным экономическим эффектом.

#### **Замечания по автореферату:**

На стр. 10 автореферата для температурного поля непрерывно охлаждаемой поковки сообщается о разности не более 10-20°С между расчетными и экспериментальными точками, однако не приведена детализация эксперимента для конкретных поковок.

Отмеченное отдельное замечание не изменяет общей положительной оценки диссертационной работы и не снижают ее научной и практической ценности. Диссертационная работа А.Д. Шабурова представляет собой законченное исследование.

Оценивая результаты выполненной диссертационной работы, можно сделать вывод, что исследование характеризуется обоснованностью вынесенных на защиту научных положений, а также выводов и практических рекомендаций. Материалы диссертационной работы в полной мере опубликованы и доложены на научно-технических конференциях. По своей научной новизне и объему полученных результатов диссертационная работа удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Шабуров Андрей Дмитриевич заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Заведующий лабораторией конструкционного материаловедения  
Федерального государственного бюджетного  
учреждения науки Институт машиноведения  
Уральского отделения Российской академии наук  
(ИМАШ УрО РАН), доктор технических наук

А.В. Макаров

4.03.14

Отзыв Макарова Алексея Викторовича заверяю  
Ученый секретарь ИМАШ УрО РАН к.т.н.



А.М. Поволоцкая

620049 г. Екатеринбург, ул. Комсомольская, 34, ИМАШ УрО РАН;  
т. 8(343)375-35-99; makarov@imach.uran.ru