УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора,

кандидат технических наук

_____ С.В. Буров

«24» ноября 2016 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации

на диссертационную работу Вахониной Ксении Дмитриевны

«ВЛИЯНИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ОБРАБОТОК НА СТРУКТУРУ, МЕХАНИЧЕСКИЕ И СЛУЖЕБНЫЕ СВОЙСТВА МЕТАСТАБИЛЬНЫХ АУСТЕНИТНЫХ СТАЛЕЙ НА Fe-Cr-Ni-ОСНОВЕ»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

Диссертационная работа Вахониной Ксении Дмитриевны посвящена исследованию механизмов структурообразования, фазового состава, физико-механических и служебных свойств коррозионностойких метастабильных аустенитных сталей ответственного назначения на разных этапах термической и деформационных обработок методами интенсивной (большой) пластической деформации (ИПД).

Актуальность темы. Пружинные стали и сплавы, используемые для изготовления упругих элементов ответственного назначения, предназначенных для работы в широком интервале температур, должны обладать высокими характеристиками прочностных и упругих свойств, а также достаточно высокой технологичностью, повышенной усталостной и коррозионной стойкостью, способностью противодействовать развитию релаксации напряжений, что обеспечивает сохранение силовых параметров упругих элементов в процессе эксплуатации при повышенных температурах. Используемые в настоящее время хромоникелевые аустенитные стали типа 18-10 и сложнолегированные мартенситно-стареющие стали и сплавы не в полной мере удовлетворяют этим требованиям. В этой связи, диссертационная работа Вахониной К.Д., в которой исследуются безуглеродистые метастабильные аустенитные стали 03Х14Н11К5М2ЮТ и 03Х14Н11КМ2ЮТ, обладающие высокой технологичностью и пластичностью в исходном закаленном состоянии, безусловно, является актуальной.

Кроме того, в работе предложено решение важной практической задачи, связанной с технологией производства высокопрочных проволочных заготовок больших диаметров,

путем применения комбинированной деформационной обработки (РКУП + волочение). Обоснованность и актуальность рассмотренной тематики для современного материаловедения и промышленности не вызывает сомнений.

Оценка содержания диссертации. Диссертация состоит из введения, 5 глав, общего заключения, содержит 138 страниц, включая 55 рисунков, 11 таблиц и список литературы из 111 наименований.

Во введении обоснована актуальность работы, сформулированы цели и задачи исследований, приведены основные положения, выносимые на защиту, показана научная новизна и практическая значимость.

В первой главе диссертант представляет литературный обзор, в котором рассматривает принципы легирования, структуру, свойства и область применения аустенитных коррозионностойких сталей, способы достижения высокопрочного состояния в метастабильных сталях, влияние мартенситного превращения при деформации на структуру и свойства материала, методы интенсивной (большой) пластической деформации, используемые для измельчения структуры и повышения механических свойств материалов.

Во второй главе описаны объекты исследования, режимы их термических, деформационных и деформационно-термических обработок, методы структурных и текстурных исследований, физических и механических свойств. Объектами исследования служили метастабильные аустенитные коррозионно-стойкие стали на Fe-Cr-Ni-основе, дополнительно легированные кобальтом, молибденом, алюминием и титаном. Следует подчеркнуть, что был проведен большой комплекс исследований, включающий механические испытания, определение физических свойств и различные методы структурного, текстурного и фазового анализа.

Третья глава посвящена изучению механических свойств, фазовых и структурных превращений при нагреве стали 03Х14Н11К5М2ЮТ до повышенных температур. Показано, что метастабильная аустенитная сталь 03Х14Н11К5М2ЮТ в закаленном состоянии обладает высокой пластичностью, а при нагреве является термически стабильной в определенном интервале температур, после чего происходит старение стали с выделением различных фаз. Определены температурные интервалы высокой горячей деформируемости данной стали.

В четвертой главе изучали влияние различных видов ИПД на фазовый состав, структуру и свойства метастабильных аустенитных сталей 03Х14Н11К5М2ЮТ и 03Х14Н11КМ2ЮТ. В частности, установлено, что применение различных видов ИПД (сдвиг под высоким давлением, высокая суммарная величина обжатия при волочении,

РКУП) продемонстрировало значительную пластичностью и технологичность исследуемых сталей. Показано, что использование комбинированной деформационной обработки данных сталей, сочетающей РКУП с последующим волочением, позволяет повысить их прочностные и пластические свойства. Детально рассмотрены структурно-фазовые превращения, определяющие свойства исследуемых сталей после различных обработок.

Пятая глава посвящена изучению свойств исследуемых сталей при отрицательных температурах и определению специфических характеристик пружинных материалов: сопротивления малым пластическим деформациям и релаксационной стойкости при повышенных и отрицательных температурах. В частности, установлено, что исследуемые стали при отрицательных климатических и криогенных температурах обеспечивают необходимую прочность в сочетании с высокой пластичностью и сохраняют стабильность фазового состава при глубоком охлаждении (до -196 °С) и последующем отогреве. Показано, что падение релаксационной стойкости при температуре релаксации 400 °С в течение 20 суток не превышает 12 % для стали 03Х14Н11К5М2ЮТ и 15 % для стали 03Х14Н11КМ2ЮТ. При комнатной и криогенных температурах релаксация напряжений обеих исследуемых сталей не превышает 2-3 %.

Научная новизна результатов работы. В диссертационной работе получены новые научные результаты на исследуемых метастабильных аустенитных сталях в частности: установлены причины снижения горячей деформируемости перегретой стали 03Х14Н11К5М2ЮТ; установлено, что ходе РКУП при 400 °С в сталях 03Х14Н11К5М2ЮТ и 03Х14Н11КМ2ЮТ не протекают фазовые превращения, упрочнение материала происходит преимущественно за счет измельчения исходной аустенитной структуры до ультрамелкозернистых размеров фрагментов (100-200 нм); доказано, что при холодной пластической деформации волочением после РКУП не формируется текстура, прочностные свойства сталей повышаются за счет измельчения субструктуры и частичного протекания мартенситного превращения, пластичность растет в результате активного развития процессов динамического возврата и рекристаллизации; определено, что падение релаксационной стойкости при температуре 400 °С в течение 20 суток для сталей 03Х14Н11К5М2ЮТ и 03Х14Н11КМ2ЮТ не превышает 12 % и 15 % соответственно, а при 20 °С и -196 °С релаксация напряжений обеих исследуемых сталей составляет 2-3 %.

Практическая значимость результатов работы. В работе определены режимы РКУП сталей 03Х14Н11К5М2ЮТ и 03Х14Н11КМ2ЮТ, при которых наблюдается одновременное повышение прочностных свойств и сохранение достаточной

пластичности. Предложен новый способ комбинированной деформационной обработки (РКУП + волочение) данных сталей, который позволяет получить высокопрочную заготовку, предназначенную для изготовления пружин ответственного назначения больших и средних диаметров. Определены также режимы термических и деформационных обработок, обеспечивающие высокую термическую стабильность свойств исследуемых сталей. Это позволяет рекомендовать их для изготовления пружин и упругих элементов, эксплуатируемых как при криогенных, так и при повышенных температурах.

Результаты работы могут быть использованы на предприятиях, изготавливающих пружины и рессоры, например, ООО «Уральский Пружинный Завод», ООО «Димитровградский пружинный завод», ЗАО «Белорецкий завод рессор и пружин» и др.

Достоверность результатов работы. Достоверность результатов и корректность выводов, изложенных в диссертации, в целом не вызывают сомнений и обеспечены большим объемом выполненных экспериментов, использованием проверенных методов испытаний материалов и современных методов структурного, текстурного и фазового анализа.

Замечания по работе:

1. Обозначения на различных рисунках по тексту автореферата очень мелкие и трудночитаемые.

2. В выводах к главе 3 указано, что температура нагрева заготовок стали 03Х14Н11К5М2ЮТ под горячую прокатку должна составлять 1200 °С, а температура конца проката заготовок не должна быть ниже 850 °С. В общих выводах указано, что температура конца проката заготовок не должна быть ниже 800 °С. Какой температурный интервал высокой горячей деформируемости данной стали является правильным?

3. Необходимо уточнить, до какой температуры нагрева (400 °С или 500 °С) сталь 03Х14Н11К5М2ЮТ является термически стабильной.

4. В таблице 4.2 целесообразно было бы привести значения относительного удлинения.

5. Необходимо пояснить, почему в одних случаях фазы обозначаются как ОЦК и ГЦК, а в других – как α и γ.

6. На с. 88 указано, что субмикрокристаллическая ориентированная структура после РКУП определяет деформационное упрочнение. Целесообразно было бы пояснить, каким образом наличие текстуры влияет на степень упрочнения.

7. При анализе структурных и фазовых превращений при нагреве стали 03Х14Н11К5М2ЮТ было предположено выделение дисперсных низкотемпературных интерметаллидных фаз, однако их наличие не было подтверждено экспериментально.

8. В работе отмечается, что исследуемые стали являются материалом, предназначенным для изготовления пружин специального назначения, которые должны, в том числе, обладать высокой коррозионной стойкостью. Однако данные по коррозионной стойкости в работе не приводятся.

9. В выводе 5 отмечается, что последеформационный (после РКУП) нагрев сталей в интервале 200-500 °С не приводит к увеличению прочностных свойств. Данный эффект уже известен из литературных источников, например, для стали 12Х18Н10Т, поэтому, в выводе следовало бы уточнить, о каких именно сталях идет речь.

Высказанные замечания не меняют, в целом, безусловно положительную оценку представленной работы, включая ее научное и практическое содержание.

Заключение

Диссертационная работа Вахониной К.Д. представляет собой законченное исследование. Содержание диссертации отражено в 5 публикациях в периодических изданиях из перечня ВАК. Материалы диссертации обсуждены на 19 конференциях различного уровня. Содержание автореферата соответствует положениям диссертации. Полученные результаты имеют важное значение для понимания эволюции структурно-фазового состояния метастабильных аустенитных сталей после различных деформационных и термических обработок. Выводы и практические рекомендации работы полезно учитывать при производстве высокопрочных заготовок, предназначенных для изготовления пружин ответственного назначения.

В целом по актуальности решаемых задач, научной новизне, практической значимости, достоверности полученных результатов и обоснованности выводов, диссертационная работа «Влияние деформационных обработок на структуру, механические и служебные свойства метастабильных аустенитных сталей на Fe-Cr-Ni-основе» соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 года № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Вахонина Ксения Дмитриевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Диссертационная работа, автореферат и отзыв обсуждены и одобрены на научном семинаре Отдела физических проблем машиностроения ИМАШ УрО РАН (лаборатории:

конструкционного материаловедения, деформирования и разрушения, микромеханики материалов, технической диагностики), протокол № 182 от 24 ноября 2016 г.

Председатель научного семинара,
руководитель Отдела физических проблем машиностроения,
академик РАН, главный научный сотрудник,
доктор технических наук, профессор Горкунов Эдуард Степанович
Тел.: (343) 375-47-25
E-mail: ges@imach.uran.ru

Заведующий лабораторией
конструкционного материаловедения
кандидат технических наук Саврай Роман Анатольевич
Тел.: (343) 375-35-99
E-mail: ras@imach.uran.ru

Секретарь семинара,
научный сотрудник
кандидат технических наук Мясникова Марина Валерьевна
Тел.: (343) 375-35-96
E-mail: marina@imach.uran.ru

620049, г. Екатеринбург, ул. Комсомольская, д. 34, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт машиноведения Уральского отделения Российской академии наук; тел.: +7 (343) 374-47-25; e-mail: ges@imach.uran.ru

24 ноября 2016 г.