

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ДЕФОРМИРОВАНИЯ И СТЕПЕНИ ДЕФОРМАЦИИ НА ПРОЧНОСТЬ И СТРУКТУРУ ПОКОВОК ПРИ ПОЛУГОРЯЧЕЙ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

М. М. Радкевич, Д. Ю. Фомин

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет
г. Санкт-Петербург, Россия

Работоспособность стальных изделий, получаемых штамповкой по режимам полугорячей термомеханической обработки, определяется в первую очередь механическими свойствами изделий – их прочностью и пластичностью, которые находятся в определенной зависимости от состава, строения и структуры металла.

Целенаправленное регулирование параметрами техпроцесса полугорячей термомеханической обработки обеспечивает достижение требуемой структуры и свойств поковок. Основными параметрами процесса штамповки с применением ПТМО являются температура деформирования ($T_{д.}$), степень деформации (ϵ) и время последеформационной паузы (τ_n).

В литературе имеется информация о влиянии последеформационной паузы на структуру изготовленных изделий штамповкой на кривошипном горячештамповочном прессе в условиях ПТМО {1}. В нашем случае

стояла задача оценки влияния температуры деформирования и степени деформации на свойства стальных поковок при штамповке по режимам полугорячей термомеханической обработки на КГШП. В качестве исследуемых сталей были выбраны следующие марки 40Х, 20Х13, 08Х18Н10Т – представители трех основных структурных классов. Для решения поставленной задачи требовалось определить механические свойства поковок, изготовленных штамповкой из заготовок (рисунок 1) по режимам полугорячей термомеханической обработки по следующему температурно-временной циклу [2]: аустенизация при $T_n=A_{c3}+(350...400)^\circ\text{C}$, последующее охлаждение до температуры деформации и деформация при $T_{д.}=A_{c3}+(150...250)^\circ\text{C}$, деформация сжатием со скоростью 5 с^{-1} с заданной степенью деформации $\epsilon=20-60\%$, последеформационная пауза 20(ст.08Х18Н10Т) – 30(ст.40Х, 20Х13) сек., охлаждение в масло, отпуск (в соответствии с ТУ).



Рисунок 1 – Заготовки

Реализация режимов полугорячей термомеханической обработки осуществлялась в результате проведения физического моделирования техпроцесса на лабораторном пластометре Gleeble 3800. В качестве варьируемых параметров были выбраны: температура деформирования в диапазоне от $A_{c3}+150^\circ\text{C}$ до $A_{c3}+250^\circ\text{C}$, степень деформации в интер-

вале 20% - 60%.

Для стали 40Х была проведена полугорячая термомеханическая обработка с температурами деформирования $T_{д.}=950^\circ\text{C}$ и $T_{д.}=1050^\circ\text{C}$ по режиму: нагрев до $T_n=1200^\circ\text{C}$, аустенизация; свободное охлаждение до 950°C со скоростью $30^\circ\text{C}/\text{сек}$; деформация

по достижении T_d с степенью деформации в диапазоне $\varepsilon=20-60\%$ с шагом 10% , скорость деформации 5 с^{-1} ; последеформационная пауза 30 сек. ; закалка в масле со скоростью $100^\circ\text{C}/\text{сек.}$; отпуск при $T=520^\circ\text{C}$, охлаждение в масле.

Для стали 20X13 была проведена полугорячая термомеханическая обработка с температурами деформирования $T_d=1050^\circ\text{C}$ и $T_d=1150^\circ\text{C}$ по режиму: нагрев до $T_n=1200^\circ\text{C}$, аустенизация; свободное охлаждение до T_d со скоростью $15-20^\circ\text{C}/\text{сек.}$; деформация по достижении T_d с степенью деформации в диапазоне $\varepsilon=20-60\%$ с шагом 10% ; последеформационная пауза 30 сек. ; закалка в масле, со скоростью $100-120^\circ\text{C}/\text{сек.}$; отпуск при $T=450^\circ\text{C}$, свободное охлаждение на воздухе.

Для стали 08X18H10T была произведена полугорячая термомеханическая обработка с температурами деформирования $T_d=1000^\circ\text{C}$ и $T_d=1100^\circ\text{C}$ по режиму: нагрев до $T_n=1200^\circ\text{C}$, аустенизация; свободное охлаждение до T_d со скоростью $10^\circ\text{C}/\text{сек.}$; деформация по достижении T_d с степенью деформации в диапазоне $\varepsilon=20-60\%$ с шагом 10% ; скорость деформации 5 с^{-1} ; последеформационная пауза - 20 сек. ; охлаждение в масле со скоростью $100^\circ\text{C}/\text{сек.}$

Нагрев образцов производился электрическим током. При этом температура и скорости охлаждения контролировались термопарами, приваренными в двух точках рабочей части образца (рисунок 2). Одна из термопар была управляющей. Заданная температура в процессе проведения эксперимента выдер-

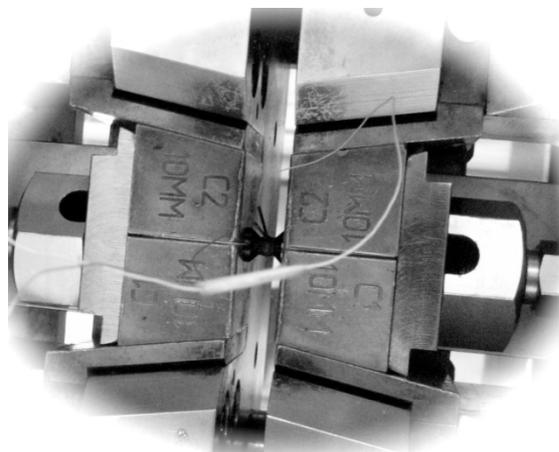


Рисунок 2 – Рабочий узел

живалась с точностью $\pm 1^\circ\text{C}$. Охлаждение производилось за счет теплоотвода водоохлаждаемых медных захватов, в которых закреплялся опытный образец. Усилия деформирования, а также продольная и поперечная деформации записывались с помощью соответствующих тензодатчиков.

Анализ влияния степени деформации при заданной температуре полугорячей термомеханической обработки на прочность стали производился сравнением результатов механических испытаний образцов, полученных в процессе проведения эксперимента по физическому моделированию. Результаты зависимости предела прочности от степени деформации при разных температурах деформирования для исследуемых сталей представлены на графиках (рисунок 3).

Анализ зависимостей показал, что с увеличением степени деформации в диапазоне $20-35\%$ наблюдается устойчивый рост прочности стали, который достигает своего максимума в конце диапазона. Так выявлено, что максимум прочности у образцов из ст.40X наблюдается при штамповке со степенью деформации $28-32\%$; из ст.20X13 при штамповке со степенью деформации $30-32\%$; из ст.08X18H10T при штамповке со степенью деформации $32-34\%$. Дальнейшее увеличение степени деформации инициирует процесс разупрочнения. При этом необходимо отметить, что осуществление штамповки по режимом полугорячей термомеханической обработки в диапазоне температур деформации $T_d = A_{c3}+150^\circ\text{C}$ позволяет получить изделия с повышенным пределом прочности. Так рост прочности наблюдался для стали 20X13, который составил 11% , для стали 40X – $3,5\%$; для стали 08X18H10T – $2,5\%$. Таким образом, значения параметров $T_d = A_{c3}+150^\circ\text{C}$ и $\varepsilon=30\%$ при осуществлении штамповки по режимам полугорячей ТМО были признаны оптимальными. С целью подтверждения выводов был проведен металлографический анализ структуры образцов(для оптимальных режимов)(рисунок 4).

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ДЕФОРМИРОВАНИЯ И СТЕПЕНИ ДЕФОРМАЦИИ НА ПРОЧНОСТЬ И СТРУКТУРУ ПОКОВОК ПРИ ПОЛУГОРЯЧЕЙ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

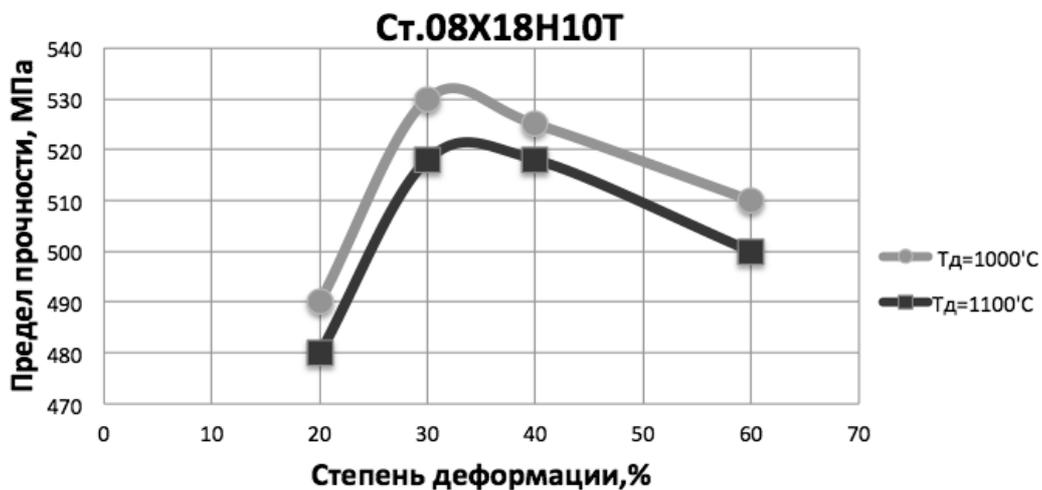
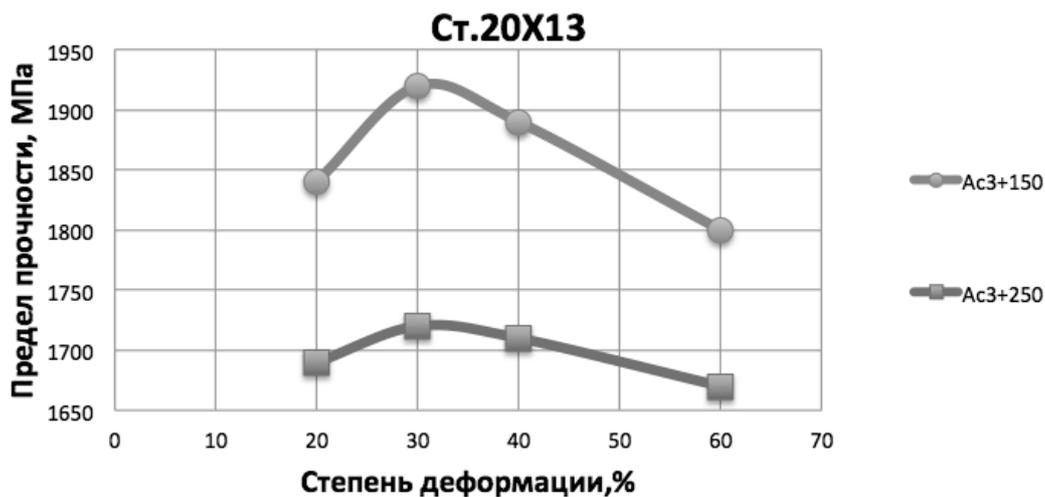
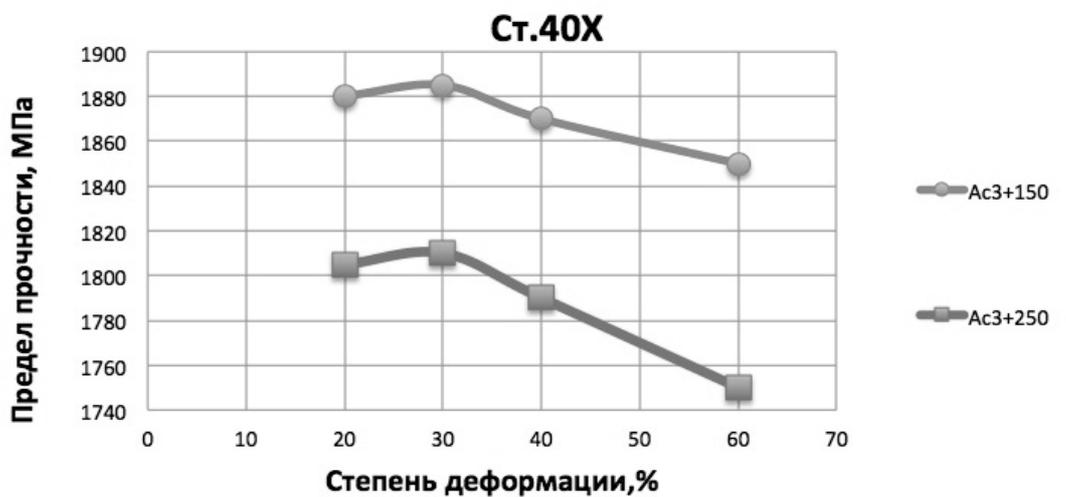


Рисунок 3 – Графики зависимости предела прочности стали 40X , 20X13 и 08X18H10T от степени деформации.

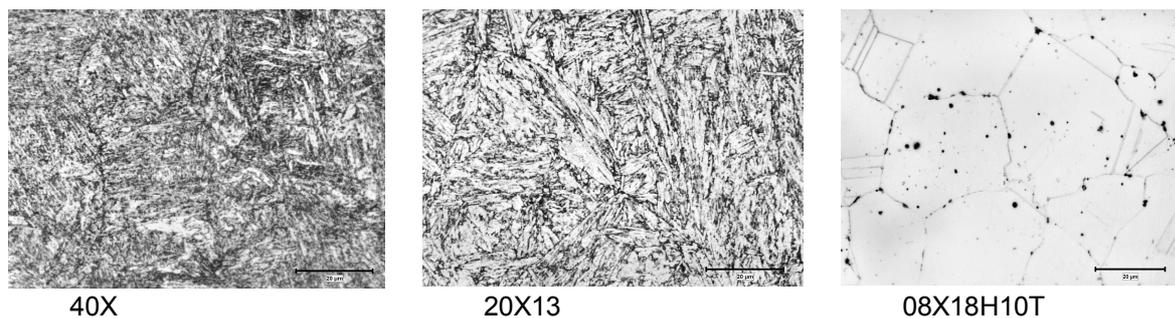


Рисунок 4 – Структура поковок, x1000

Металлографический анализ показал, что структура исследуемых образцов является однородной и мелкодисперсной при рекомендованных параметрах ТМО.

Итак, можно утверждать, что анализ влияния температуры деформирования и степени деформации на прочность и микроструктуру стали при полугорячей термомеханической обработке позволил установить, что с увеличением степени деформации в диапазоне $\epsilon=20-35\%$ и снижением температуры деформации в диапазоне от $T_d = A_{c3}+250^\circ\text{C}$ к $T_d = A_{c3}+150^\circ\text{C}$ в металле развиваются процессы упрочнения, которые достигают своего оптимального(высшего) значения в граничных точках соответствующего восходящего и нисходящего параметрического тренда. Дальнейшее увеличение степени деформации $\epsilon>35\%$ и температуры деформации $T_d > A_{c3}+150^\circ\text{C}$ инициирует в металле процессы разупрочнения.

Таким образом, проведенные исследования позволяют рекомендовать при штамповке поковок на кривошипном горячештамповочном прессе по режимам полугорячей

термомеханической обработки назначать степень деформации для стали 40X, 20X13, 08X18H10T – 30%, а температуру деформации $T_d = A_{c3}+150^\circ\text{C}$ (ст.40X, 20X13), а для стали 08X18H10T - 1100°C . Применение указанных режимов для изготовления поковок из исследуемых сталей полугорячей термомеханической обработкой способно повысить прочность изделий и обеспечить однородную, мелкодисперсную структуру металла.

Список литературы:

1. Радкевич М.М., Фомин Д.Ю. Влияние последеформационной паузы на структуру поковок при полугорячей термомеханической обработке. Современное машиностроение. Наука и образование: материалы 2-й Международной научно-практической конференции, СПб - 2012
2. Радкевич М.М. Технология упрочняющей программной механико - термической обработки. СПб. Изд-во Политехнического университета. – 2011.