

РАЗДЕЛ II ПРОЦЕССЫ ОБРАБОТКИ ДАВЛЕНИЕМ В МАШИНОСТРОЕНИИ

УДК 621.73.042

Заблоцкий В. К.
Жбанков Я. Г.
Швец А. А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЗАГОТОВКИ ПРИ ПРОТЯЖКЕ С НЕОДНОРОДНЫМ ТЕМПЕРАТУРНЫМ ПОЛЕМ КОМБИНИРОВАННЫМИ БОЙКАМИ

Повышение качества продукции является актуальным для отечественного и зарубежного машиностроения. В современном тяжелом машиностроении широко используются крупногабаритные изделия ответственного назначения такие, как валы, роторы. Основной операцией изготовления таких деталей является ковка крупных поковок, исходной заготовкой для которых является слиток [1]. Кузнечный слиток в результате кристаллизации имеет определенные недостатки, заключающиеся в химической, фазовой и структурной неоднородности, имеет пористую осевую часть [2]. Исправить данные недостатки возможно ковкой, по специальным режимам. Так, для устранения структурной неоднородности поковки, необходимо обеспечить однородное распределение деформаций по всему ее объему, а заковать осевые пустоты возможно, обеспечив высокие значения величины деформаций в центральной части поковки при обеспечении сжимающих напряжений [3, 4].

Целью данной работы является разработка термомеханических режимов протяжки цилиндрической заготовки комбинированными бойками, которые будут обеспечивать высокое качество изделий.

В данной работе был исследован процесс протяжки цилиндрической заготовки из стали 35 в однородном температурном поле (1200 °С) и с охлаждением во время ковки комбинированными бойками до температур поверхности 1000 °С, 900 °С, 800 °С с различной величиной обжатия ($\varepsilon_h = \Delta D/D_0$, ΔD – величина абсолютного обжатия) $\varepsilon_h = 0,05; 0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3$ и различной относительной подачей ($\bar{f} = f/D_0$) $\bar{f} = 0,3; 0,5; 0,7; 0,9; 1,1$. Проведено моделирование схем протяжки, в ходе которых обеспечивалось минимум 3 нажима бойком на заготовку для учета влияния ее жестких недеформированных концов на ее деформированное состояние. Моделирование процесса протяжки проводилось в программе, основанной на методе конечных элементов. В качестве заготовки был принят цилиндр диаметром 1000 мм и длиной 3000 мм из материала сталь 35. Протяжка производилась при начальной температуре заготовки 1200 °С (однородное температурное поле), а также после ее охлаждения во время ковки до температур поверхности 1000 °С, 900 °С и 800 °С (неоднородное температурное поле) комбинированными бойками шириной $B = 1200$ мм и радиусом скругления кромки рабочей поверхности 100 мм. Заготовка разбивалась на 50000 элементов, скорость деформирования 25 мм/с. При моделировании коэффициент пластического трения Зибеля принимался равным 0,35. В ходе моделирования исследовано влияние величины относительного обжатия, относительной подачи и температурного поля заготовки на распределение интенсивности логарифмических деформаций по ее объему.

По результатам исследования были построены графики распределения интенсивности логарифмических деформаций по поперечному сечению заготовки (рис. 1, сечение Б–Б) в зависимости от разных величин обжатия и относительных подач при протяжке заготовки

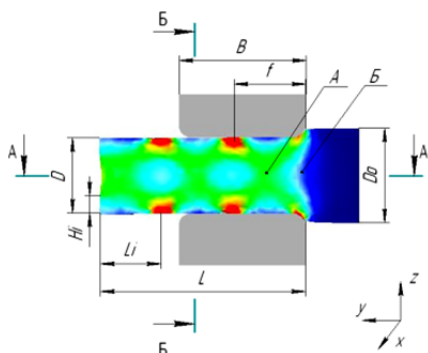


Рис. 1. Схема протяжки заготовки комбинированными бойками

с однородным и неоднородным температурными полями с температурой поверхности 1000 °С, 900 °С, 800 °С (рис. 2). Анализ полученных данных позволил установить, что при протяжке заготовки комбинированными бойками в однородном температурном поле с относительной подачей $\bar{f} = 0,3$ и величиной обжатия $\varepsilon_h = 0,05 \dots 0,1$ (рис. 2, столбец 1, пунктир) наблюдается низкая неравномерность распределения интенсивности логарифмических деформаций, что объясняется слабой проработкой периферийных слоев заготовки, а также наличием непроработанной осевой зоны. При увеличении величины обжатия (до $\varepsilon_h = 0,3$) наружные слои заготовки прорабатываются более интенсивно, однако осевая зона остается слабо про-

работанной, что приводит к увеличению неравномерности распределения интенсивности логарифмических деформаций от 0,12 (при $\varepsilon_h = 0,05$) до 0,33 (при $\varepsilon_h = 0,3$).

После охлаждения поверхности заготовки до 1000 °С при ее протяжке с относительной подачей $\bar{f} = 0,3$ и величиной обжатия $\varepsilon_h = 0,05 \dots 0,1$ также наблюдается низкая неравномерность распределения интенсивности логарифмических деформаций, однако с увеличением величины обжатия до $\varepsilon_h = 0,3$ наблюдается более интенсивная проработка слоев, находящихся по центру радиуса заготовки (0,78–0,8) D_0 вследствие повышения сопротивления деформированию наружных слоев за счет их охлаждения. При этом неравномерность распределения интенсивности логарифмических деформаций составляет от 0,11 (при $\varepsilon_h = 0,05$) до 0,5 (при $\varepsilon_h = 0,3$) (рис. 2, в, строка 1).

При охлаждении заготовки еще на 100 °С проработка поверхностных слоев и осевой зоны остается на прежнем уровне. Наблюдается увеличение толщины прорабатываемого подповерхностного слоя, составляющего от 0,75 D_0 до 0,9 D_0 . При этом неравномерность распределения интенсивности логарифмических деформаций составляет 0,07 (при $\varepsilon_h = 0,05$) и 0,49 (при $\varepsilon_h = 0,3$) (рис. 2, б, строка 1).

После охлаждения поверхности заготовки до 800 °С при протяжке с относительной подачей $\bar{f} = 0,3$ и величине обжатия $\varepsilon_h = 0,05 \dots 0,3$ характер кривых распределения интенсивности логарифмических деформаций сохраняется. При этом их неравномерность составляет 0,12 (при $\varepsilon_h = 0,05$) и 0,55 (при $\varepsilon_h = 0,3$) (рис. 2, в, столбец 1). Также следует отметить, что при протяжке с относительной подачей $\bar{f} = 0,3$ и величине обжатия $\varepsilon_h = 0,05 \dots 0,3$ при последующих проходах с кантовками осевая зона поковки останется в два раза меньше проработанной, чем ее периферийные слои (рис. 2). При протяжке заготовки с величиной относительных подач от 0,5 до 1,1 и степенью обжатия $\varepsilon_h = 0,05 \dots 0,3$ с однородным и неоднородным температурным полями наблюдается увеличение неравномерности распределения интенсивности логарифмических деформаций по ее поперечному сечению за счет появления более жестких наружных слоев, которые более интенсивно деформируют осевую зону заготовки (рис. 2).

При протяжке заготовки с однородным температурным полем с увеличением степени обжатия от 0,05 до 0,3 и величиной относительной подачи от 0,5 до 1,1 происходит более интенсивная проработка слоев заготовки, находящихся на уровне 0,7...0,8 D_0 . Однако неравномерность распределения интенсивности логарифмических деформаций возрастает за счет образования застойной зоны под рабочей поверхностью деформирующего плоского бойка и увеличения проработки лишь подповерхностной зоны.

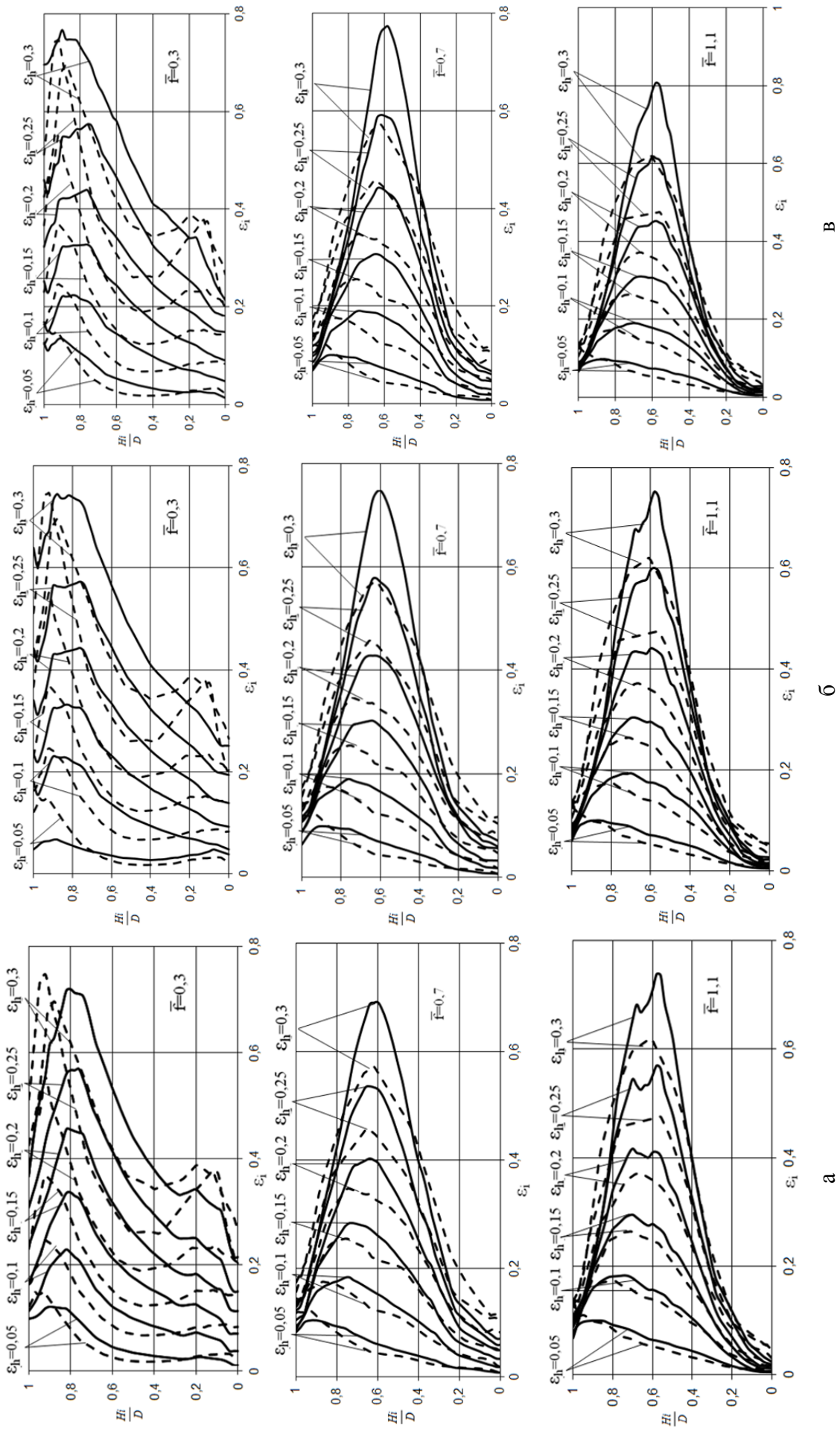


Рис. 2. График распределения интенсивности логарифмических деформаций по сечению заготовки Б–Б в зависимости от разных величин обжатия и относительных подал при протяжке с однородным температурным полем (пунктир) и с охлаждением в процессековки до 1000 °С (а), 900 °С (б) и 800 °С (в)

Она составляет 0,1 (при $\varepsilon_h = 0,05$) и 0,41 (при $\varepsilon_h = 0,3$) при величине относительной подачи $\bar{f} = 0,5$, а также 0,13 (с $\varepsilon_h = 0,05$) и 0,46 (с $\varepsilon_h = 0,3$) при величине относительной подачи $\bar{f} = 1,1$ (рис. 2, строки 2–3, пунктир). При охлаждении поверхности заготовки до 1000 °С сохраняется увеличение деформирования лишь слоев заготовки, находящихся на уровне 0,7...0,8 D_0 , что также приводит к большей неравномерности распределения интенсивности логарифмических деформаций, которая составляет 0,1 (при $\varepsilon_h = 0,05$) и 0,53 (при $\varepsilon_h = 0,3$) при величине относительной подачи $\bar{f} = 0,5$, а также 0,1 (с $\varepsilon_h = 0,05$) и 0,71 (с $\varepsilon_h = 0,3$) при величине относительной подачи $\bar{f} = 1,1$ (рис. 2, а, строки 2–3). При охлаждении заготовки еще на 100 °С характер кривых на графиках сохраняется, однако более интенсивно прорабатываются слои, находящихся на уровне 0,6...0,7 D_0 . Неравномерность распределения интенсивности логарифмических деформаций составляет 0,1 (при $\varepsilon_h = 0,05$) и увеличивается на 0,55 (при $\varepsilon_h = 0,3$) при величине относительной подачи $\bar{f} = 0,5$, а также 0,1 (при $\varepsilon_h = 0,05$) и 0,73 (при $\varepsilon_h = 0,3$) при величине относительной подачи $\bar{f} = 1,1$ (рис. 2, б, строки 2–3).

С уменьшением температуры поверхности заготовки до 800 °С возрастает и толщина застойной зоны под поверхностью плоского бойка, таким образом происходит более интенсивная проработка слоя, находящегося на уровне 0,6...0,65 D_0 . Неравномерность распределения интенсивности логарифмических деформаций при $\varepsilon_h = 0,05$ составляет 0,1 и при $\varepsilon_h = 0,3$ и равна 0,56 с величиной относительной подачи $\bar{f} = 0,5$. Также при $\bar{f} = 1,1$ значения неравномерности интенсивности логарифмических деформаций составляют 0,1 и 0,78 соответственно. Такое большое значение деформации в околоосевой части заготовки положительно влияет на проработку литой дефектной части металла слитка, способствует залечиванию дефектов в виде пустот металлургического происхождения.

ВЫВОДЫ

Установлено, что для обеспечения благоприятного деформированного состояния заготовки протяжку комбинированными бойками рекомендуется проводить на первом этапе, т. е. при наличии однородного температурного поля заготовки с относительной подачей от 0,3 до 0,5 и величиной обжатия равной 0,15...0,25. После падения температуры поверхности заготовки в процессековки до 1000 °С следует осуществлять протяжку с относительной подачей $\bar{f} = 0,5...0,7$ и величиной обжатия $\varepsilon_h = 0,2...0,25$. При достижении поверхности заготовки температуры 900 °С необходимо осуществлять протяжку с относительной подачей от 0,7 до 1,1 с той же величиной обжатия, а при падении температуры поверхности еще на 100 °С необходимо уменьшить величину обжатия до $\varepsilon_h = 0,15...0,2$ при тех же подачах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Технологія кування: підручник для студентів вищих технічних навчальних закладів / Л. М. Соколов, І. С. Алієв, О. Є. Марков, Л. І. Алієва. – Краматорськ : ДДМА, 2011. – 268 с.*
2. *Ковка крупных поковок. В 2 ч. 2 ч / под. ред. В. Н. Трубина, В. А. Шелехова. – М. : Машиностроение, 1965. – 296 с.*
3. *Марков О. Е. Эффективная схемаковки крупных слитков с использованием кузнечной протяжки / О. Е. Марков // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – Москва, 2012. – № 8. – С. 33–36.*
4. *Гуляев А. П. Металловедение / А. П. Гуляев. – 6-изд., перераб. и доп. – М. : Металлургия, 1986. – 544 с.*

Заблоцкий В. К. – д-р техн. наук, проф. каф. ТОЛП ДГМА;
Жбанков Я. Г. – канд. техн. наук, доц. каф. ОМД ДГМА;
Швец А. А. – аспирант ДГМА.

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

E-mail: yzhbankov@gmail.com

Статья поступила в редакцию 26.12.2013 г.