BULETIN OF NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
ISSN 1991-3494
Volume 2, Number 360 (2016), 95 – 102

UDC 621.771

EVOLUTION OF THE MICROSTRUCTURE OF STEEL GRADE 35XM IN PROCESS ECAP

A.B. Nayzabekov[1], S.N. Lezhnev[1], G.G. Kurapov[2], I.E. Volokitina[2],E.P. Orlova[2],

[1]Rudny Industrial Institute, Rudny;
[2] Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev, Almaty,
naizbekov57@mail.ru, sergey_legnev@mail.ru, kurapov1940@mail.ru, irinka.vav@mail.ru

Keywords: microstructure, ECAP, thermal treatment, steel, microhardness.

Abstract. This work is devoted to research the impact of the initial structural state of steel 35XM to obtaining subultrafinegrain structure at ECA-pressing in equal channel step die. The choice of this direction of researches related to the fact that just equal channel angular pressing is not always fully provides metal with ultrafinegrain structure for a small number of cycles, and for this preliminary and final thermal treatment are expedient to use.

The minimum grain size obtained during the pressing steel in equal channel step die is in the range of 0.7 microns and after 6 deformation cycles and preliminary thermal treatment operation - isothermal annealing is achieved.

From the obtained results it is evident that at the sixth cycle of deformation steel 35XM, both after preliminary annealing, and the normalized condition with subsequent high tempering is possible to obtain subultrafinegrain structure, whereas during pressing of the same steel in the initial hot deformed state even after eight cycles of ECAP it is unable to receive. Thus, researches have shown that a preliminary heat treatment such as annealing of the 2nd kind and normalization with the subsequent high tempering operations are appropriate before the ECAP, as it is due to such preliminary treatment is possible to obtain subultrafinegrain structure.

УДК 621.771

ЭВОЛЮЦИЯ МИКРОСТРУКТУРЫ СТАЛИ МАРКИ 35ХМ В ПРОЦЕССЕ РКУП

А.Б. Найзабеков[1], С.Н. Лежнев[1], Г.Г. Курапов[2], И.Е. Волокитина[2], Е.П. Орлова[2]

[1]Рудненский индустриальный институт, Рудный;
[2]Казахскийнациональныйисследовательскийтехническийуниверситет имени К.И. Сатпаева, г. Алматы,
naizbekov57@mail.ru, sergey_legnev@mail.ru, kurapov1940@mail.ru, irinka.vav@mail.ru

Ключевые слова: микроструктура, РКУП, термическая обработка, сталь, микротвердость.

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию влияния исходного структурного состояния стали марки 35ХМ на получение субультрамелкозернистой структуры при РКУ-прессовании в равноканальной ступенчатой матрице. Выбор данного направления исследований связан с тем, что просто равноканальное угловое прессование не всегда в полной мере обеспечивает получение металла с ультрамелкозернистой структурой за небольшое количество циклов и для этого целесообразно использовать предварительную и окончательную термическую обработку.

Минимальный размер зерна, полученный в ходе прессования стали в равноканальной ступенчатой матрице, лежит в пределах 0,7 мкм и достигается после проведения 6 циклов деформирования и предварительной термической операции – изотермический отжиг.

Из полученных результатов видно, что на шестом цикле деформирования стали 35ХМ, как после проведения предварительного отжига, так и в нормализованном состоянии с последующим высоким отпуском удается получить субультрамелкозернистую структуру, тогда как при прессовании той же стали в исходном горячедеформированном состоянии не удается ее получить даже после проведения восьми циклов РКУП. Таким образом, исследования показали, что проведение предварительной термообработки такой, как отжиг 2-го рода и нормализация с последующим высоким отпуском являются целесообразными операциями перед РКУП, так как именно благодаря такой предварительной обработки удается получить субультрамелкозернистую структуру.

Введение

За последние годы выполнено большое количество работ по изучению субмикрокристаллической и нанокристаллической структуры в чистых металлах Al[1], Cu [2], Ti[3] и Ni[4] и армко-железе[5,6]. Но в последнее время все больше работ направлено на изучение стали, которые показывают также хорошую перспективу использования методов ИПД для измельчения структуры сталей [7-9].

Данная работа посвящена исследованию влияния исходного структурного состояния стали марки 35ХМ на получение субультрамелкозернистой структуры при РКУ-прессовании в равноканальной ступенчатой матрице. Выбор данного направления исследований связан с тем, что просто равноканальное угловое прессование не всегда в полной мере обеспечивает получение металла с ультрамелкозернистой структурой за небольшое количество циклов и для этого целесообразно использовать предварительную и окончательную термическую обработку.

Исходное состояние материала оказывает большое влияние на процесс создания дислокационной структуры, её термомеханическую стабилизацию и после последующей обработки на свойства материала. Наличие в составе сталей легирующих элементов, например, таких как Mo, являющихся сильными карбидообразователями, способствует их дисперсионному твердению и препятствует миграции границ зерен во время отжигов. Соответственно, повышение дисперсности и плотности карбидов и более однородное их распределение в объеме материала позволяют повысить прочностные свойства и термическую стабильность структур, полученных методами ИПД. Такой эффект может быть достигнут не только в результате ИПД, но и за счет оптимизации исходного состояния стали до РКУП. Роль предварительной обработки также заключается в изменении вязкости, пластичности, обрабатываемости, формы и величины зерна, выравнивании химического состава, снятии внутренних напряжений[10].

Исследование структуры сталей в различных исходных структурных состояниях (мартенситном, феррито-перлитном) при ИПД дают возможность рассмотреть процессы формирования зерна в зависимости от исходного фазового и структурного состояния стали, а также получить представления о влиянии основных упрочняющих факторов, таких, как размер зерна или структурных составляющих, дисперсности и объемной доли дисперсных частиц на прочностные свойства и стабильность субмикрокристаллической структуры к нагреву[11].

Методы исследования

Материалом исследования является конструкционная низколегированная сталь марки 35ХМ с феррито-перлитной структурой. До РКУП в ступенчатой матрице образцы были подвергнуты предварительной термической обработке: отжигу, закалке и нормализации по стандартному режиму. Образцы квадратного сечения 15×15×70 мм подвергали РКУП в равноканальной ступенчатой матрице с углом стыка каналов 125° по маршруту Вс с кантовкой заготовки на 90° вокруг продольной оси, так как данный маршрут позволяет формировать беспористые стальные заготовки с квазиравноосными фрагментами структуры и преимущественно большеугловыми разориентировками между ними [12]. Трение между инструментом и заготовкой снижалось применением пальмового масла в качестве лубриканта.

Известно, что при формировании УМЗ структур очень важно проводить прессование при нагреве, не превышающем верхний уровень температуры деформирования материалов, ограниченный порогом начала рекристаллизации. С увеличением количества циклов прессования

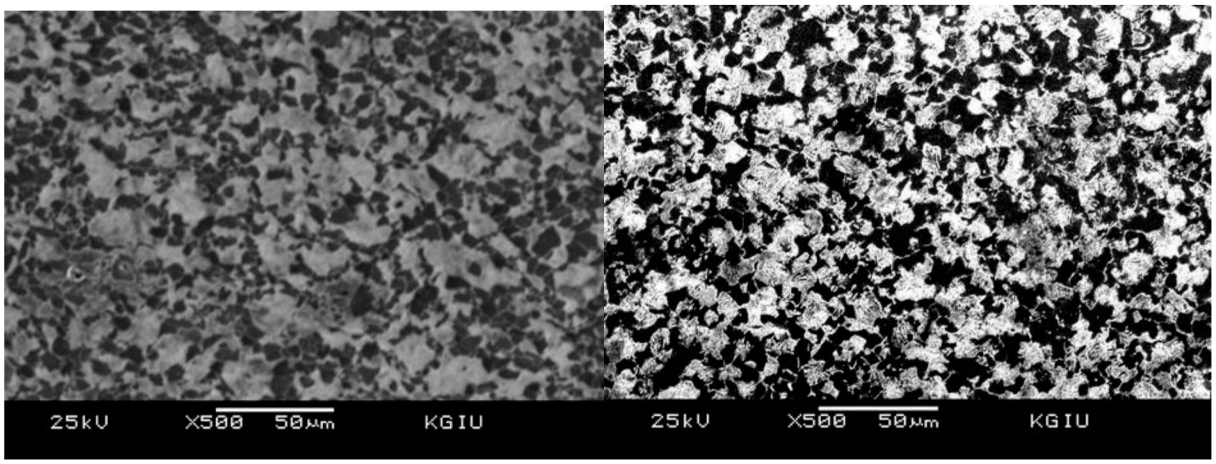
возрастает и степень накопленной деформации материала, металл упрочняется и становится более дефектным, что также ведет к снижению порога начала рекристаллизации.

В связи с тем, что при температуре рекристаллизации новые зерна образуются медленно, холоднодеформированные металлы и сплавы нагревают до более высокой температуры, например железо и низкоуглеродистую сталь до 600—700° С. Образцы в исходном состоянии подвергались прессованию при t=550 °С с кантовкой на 90° вокруг вертикальной оси. В ходе эксперимента реализовано 6 циклов равноканального углового прессования.

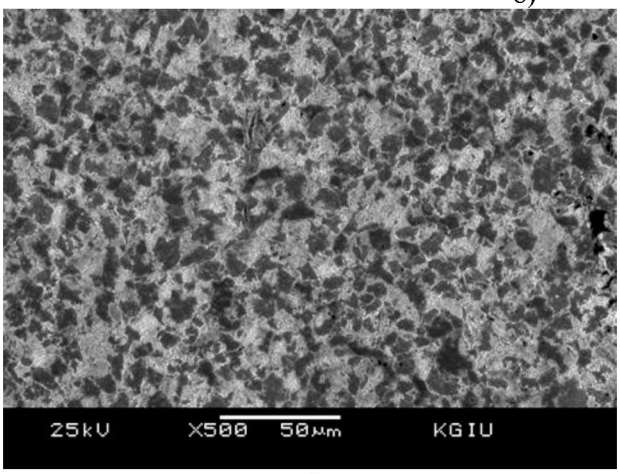
Исследование микроструктуры стали выполнялось методом световой микроскопии на микроскопе «Leica» при увеличениях от 100 до 1000 крат. Электронно-микроскопические исследования были выполнены на растровом сканирующем микроскопе JSM 5910 при ускоряющем напряжении 25 кВ в режиме вторичных и упруго отраженных электронов.

Результаты исследования и их обсуждение

Исходная микроструктура стали марки 35ХМ состоит из феррита и перлита (рисунок 1), которая и характерна для низколегированной стали с содержанием углерода 0,35 %. Размер перлитных колоний соответствует баллу зерна № 7-10 (26-12 мкм). Размер зерна феррита соответствует баллу № 9-10 (15-10 мкм).



а) б)



в)

Рисунок 1 – Микроструктура образцов из стали марки 35ХМ в исходном состоянии,наблюдаемая с помощью РЭМ при ˣ500:
а – без термообработки, средний размер зерен 18 мкм; б – отожженный образец, средний размер зерен 15,5 мкм; в – после нормализации и высокого отпуска, средний размер зерен13 мкм;