УДК 004.942

Моделирование эволюции микроструктуры прутков из углеродистой стали при деформировании новым комбинированным способом

*Волокитина Ирина Евгеньевна, PhD, профессор1, irinka.vav@mail.ru*

*Панин Евгений Александрович, PhD, доцент1, cooper802@mail.ru*

*1КарИУ, г. Темиртау, Казахстан*

Аннотация: В данной работе было проведено исследование влияния совмещенной технологии радиально-сдвиговой протяжки и последующего волочения на эволюцию микроструктуры прутков методом Джонсона-Мейла-Аврами-Колмогорова (Johnson-Mehl-Avrami-Kolmogorov или JMAK). Из полученных данных моделирования микроструктуры можно сказать, что деформирование заготовки по схеме 30-25-20 при комнатной температуре является самым эффективным способом, поскольку позволяет измельчить исходное зерно более чем в 3 раза на поверхности заготовки. При этом использование схемы 30-27-23 при комнатной температуре дает двукратное измельчение исходного зерна. Проработка центральной области заготовки во всех рассмотренных моделях носит слабо выраженный характер, достигая 35%-ого уменьшения в самых оптимальных условиях.

Ключевые слова: волочение, JMAK, моделирование, протяжка, пруток.

Введение

В системе Deform существует два метода моделирования микроструктуры. Первым методом является метод Джонсона-Мейла-Аврами-Колмогорова (Johnson-Mehl-Avrami-Kolmogorov или JMAK). Вторым методом является метод дискретных решеток, реализованный с помощью алгоритма клеточных автоматов (Cellular Automata).

Моделирование эволюции микроструктуры при радиально-сдвиговой протяжки и последующего волочения методом JMAK

Для использования данного метода необходимо изначально рассчитывать модель с параметрами расчета микроструктуры. По умолчанию модель подразумевает однородное распределение начального размера зерен по всей площади или объему заготовки. В качестве начального размера зерна Cт 10 было принято значение 25 мкм.

Для корректного моделирования нужно ввести параметры эволюции зерна для метода JMAK. Они включают в себя данные по статической, динамической и мета-динамической рекристаллизации, а также о кинетике роста новых зерен. Суть ввода этих данных заключается во вводе определенных констант модели, зависящих от свойств материала и типа процесса обработки. Все они подробно рассмотрены в работе [1], где представлено большое количество значений данных коэффициентов для различных марок сталей и сплавов в зависимости от видов деформационных и термических обработок. На риc. 1 представлены картины эволюции микроструктуры.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 30-25-20 (20°С) | 30-27-23 (20°С) | 20-18-16 (20°С) |
|  |  |  |
| 30-25-20 (500°С) | 30-27-23 (500°С) | 20-18-16 (500°С) |
|  |  |  |
| 30-25-20 (900°С) | 30-27-23 (900°С) | 20-18-16 (900°С) |
|  |  |  |

Рисунок 1 - Распределение среднего размера зерна по сечению заготовки

Картины представлены в поперечном сечении заготовки после всех стадий деформирования для всех моделей, которые рассматривались ранее при изучении напряженно-деформированного состояния. Для удобства сравнения все результаты имеют одинаковый диапазон шкалы.

Выводы

1. Наиболее интенсивное измельчение исходного размера зерна наблюдается в модели 30-25-20 при 20°С, что является следствием максимальных единичных и суммарных обжатий, а также минимальной температуры заготовки; также в остальных моделях данная температура является наиболее предпочтительной;

2. Модель 20-18-16 является наименее эффективной с точки зрения измельчения зерна при всех температурах, даже при отсутствии нагрева заготовки центральная зона заготовки почти не получает какого-либо значимого измельчения зерна.

Данное исследование финансировалось Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (Грант № АР19678974).

Список использованных источников

1. Lenard J.G. et al. Mathematical and Physical Simulation of the Properties of Hot Rolled Products // Amsterdam: Elsevier, 2005. 376 p.

MODELING OF MICROSTRUCTURE EVOLUTION OF CARBON STEEL BARS DURING DEFORMATION BY A NEW COMBINED METHOD

I.E. Volokitina, E.A. Panin

Abstract: In this work, the influence of combined radial-shift broaching and subsequent drawing technology on the evolution of bar microstructure by the Johnson-Mehl-Avrami-Kolmogorov (JMAK) method was investigated. From the obtained data of microstructure modeling, we can say that deformation of the billet according to the scheme 30-25-20 at room temperature is the most effective way, because it allows to crush the initial grain more than 3 times on the surface of the billet. At the same time, the use of the scheme 30-27-23 at room temperature gives a twofold pulverization of the initial grain. Processing of the central region of the workpiece in all considered models has a weakly pronounced character, reaching 35% reduction in the most optimal conditions.

Key words: Drawing, JMAK, modeling, broaching, bars.