

**ИССЛЕДОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЛИТЬЯ  
АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ В ВАЛКОВЫЙ КРИСТАЛЛИЗАТОР И  
ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ОБРАБОТКОЙ ДАВЛЕНИЕМ**

**Сидельников А.С., Лопатина Е.С., Пещанский А.С.**

**Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор Беляев С.В.**

*Сибирский федеральный университет*

В последнее время все большее применение находят совмещенные процессы литья и обработки металлов давлением. Одним из наиболее перспективных из них является процесс СЛИПП (совмещенное литье и прокатка-прессование). Разработки этого научного направления ведутся учеными института цветных металлов и материаловедения Сибирского федерального университета уже несколько лет. Однако сложность экспериментальной реализации процесса заливки металла во вращающиеся валки, влияние многих технологических факторов на процессы кристаллизации и деформации металла, не дают возможности определить параметры оборудования для реализации этого процесса в промышленных условиях.

В соответствии с техническим решением (патент РФ № 128529) процесс совмещенного литья и прокатки-прессования осуществляется следующим образом (рис. 1). Металл из печи-миксера заливается в закрытый калибр валков, образованный валком с выступом и валком с ручьем. Далее металл кристаллизуется в валках и выдавливается в виде пресс-изделия через матрицу, предварительно получив деформацию обжатия в минимальном зазоре валков.

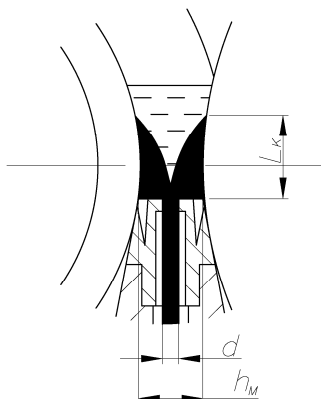


Рис. 1. Схема процесса кристаллизации-деформации металла в валках

На первом этапе исследований анализировали структуру полуфабриката из сплава алюминия, полученного в момент остановки валков, перекрытых на выходе матрицей. Выявлено, что очаг кристаллизации-деформации состоит из следующих зон: литой зоны 1, зоны захвата металла валками 2, зоны максимального обжатия при прокатке 3, зоны распрессовки 4, зоны выдавливания 5 и зоны сформировавшегося прутка. Указанные зоны составляют область литья, область начала очага деформации (прокатки) и область очага деформации (прессования), которые отчетливо выявились при макротравлении и видны на снимке макроструктуры (рис. 2).

Структурные изменения, происходящие в получаемой заготовке на всех этапах непрерывного процесса деформирования мелкокристаллического литого металла, полученного при кристаллизации в холодных прокатных валках, определяется сочетанием деформационных и предкристаллизационных явлений, развивающихся одновременно и последовательно при горячей деформации. В зоне 1 видно литое

строение металла с пористой структурой затвердевшего металла. В наиболее высокотемпературной зоне образца (зона 2) непосредственно после окончания кристаллизации, деформация на относительно небольшие степени может вызывать динамическую рекристаллизацию, способствующую исключению деформационного упрочнения в зоне захвата и благоприятным условиям течения металла в зоне максимального обжатия при прокатке. Результатом такой горячей деформации является волокнистое строение металла, получаемого на выходе из зоны максимального обжатия (зона 3).

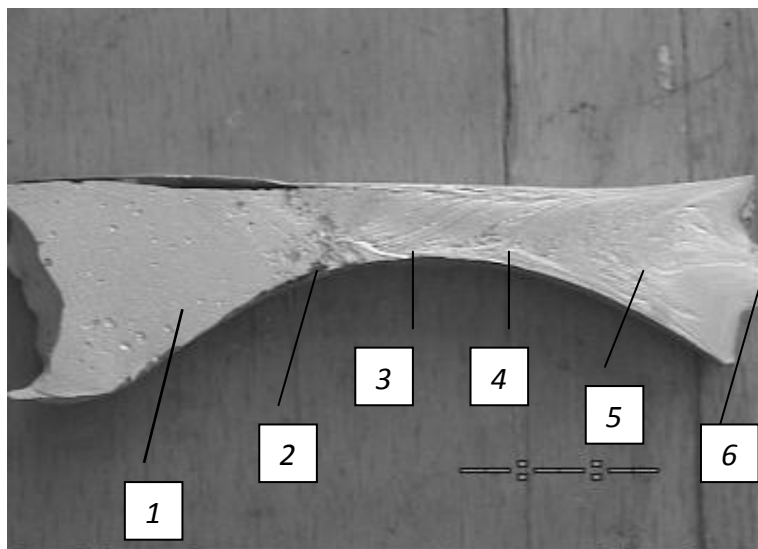


Рис. 2. Макроструктура полуфабриката, полученного литьем в валковый кристаллизатор, перекрытый матрицей: 1 - литая зона; 2 - зона захвата металла валками; 3 - зона максимального обжатия при прокатке; 4 - зона распрессовки; 5 - зона выдавливания; 6 - зона сформировавшегося прутка

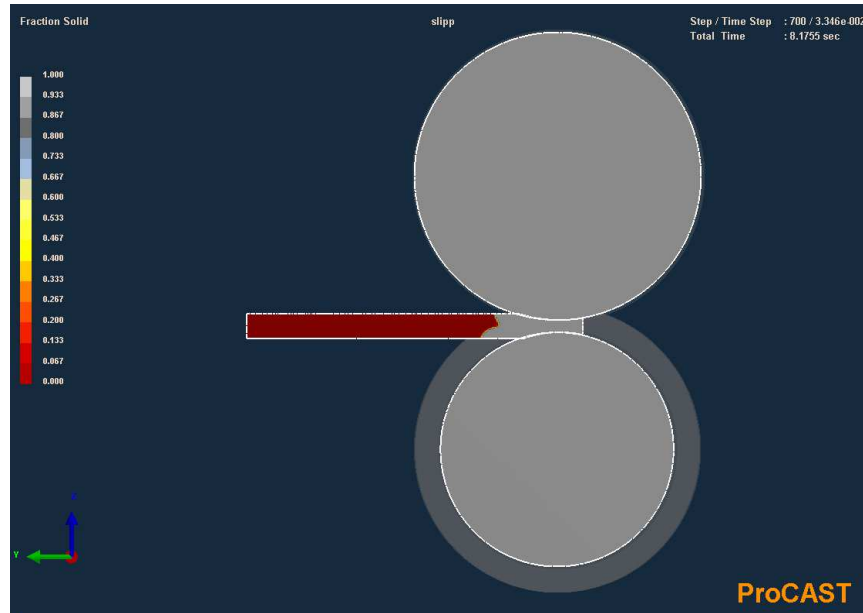
Волокнистое строение в этой зоне еще не является признаком деформированного нерекристаллизованного металла. Температурные условия прокатки в зоне максимального обжатия не позволяют сохранить полностью нерекристаллизованную структуру. Это явление общеизвестно: металл на выходе из прокатных валков в большинстве случаев имеет деформированную, частично рекристаллизованную структуру. Причем, динамическая рекристаллизация развивается непосредственно при деформации, в связи с чем отдельные рекристаллизованные зерна могут приобретать волокнистое строение и повышенную плотность дислокаций при продолжении деформации заготовки. Волокнистое строение заготовки, наблюдаемое в зоне распрессовки (зона 4) может быть объяснено именно этими явлениями.

Особые условия деформирования, соответствующие зоне выдавливания (зона 5), отвечают объемно-напряженному состоянию, свойственному процессам прессования. При таких процессах, в большинстве случаев, сочетанием деформационных, рекристаллизационных и предрекристаллизационных явлений обеспечивается развитие процессов динамической полигонизации, результатом которой становится деформированная устойчивая субзеренная структура материала, предотвращающая развитие рекристаллизации в готовом прутке после окончания деформации и при последующем быстром нагреве до достаточно высоких температур. Конечная структура прутка (зона 6) соответствует волокнистому субзеренному строению.

Кроме того, были изучены механические свойства полученных прутков из сплавов с редкоземельными и переходными металлами

Данные исследования позволили подготовить данные для моделирования процесса литья в валковый кристаллизатор и последующую обработку давлением. Ввиду сложности поставленной задачи моделирование разбили на два этапа: моделирование процесса литья в программе ProCAST и моделирование обработки металла в программе DEFORM-3D.

Результаты моделирования показаны на рис. 3 для различной скорости вращения валков



*a*



*б*

Рис. 3. Модель кристаллизации металла в валках при различной скорости вращения валков: *a* – 1 об/мин; *б* – 4 об/мин

В настоящее время данные моделирования обрабатываются с помощью пакета DEFORM-3D с целью определения температурно-скоростных, деформационных и

энергосиловых параметров процесса СЛИПП при различных режимах работы оборудования..