

ОСОБЕННОСТИ ТОНКОЙ СТРУКТУРЫ АУСТЕНИТНОГО МЕТАЛЛА ЭШП

С. Н. Жеребцов, Г. Радченко

Высокое качество металла в результате электрошлакового переплава (ЭШП) во многом определяется макроструктурой слитков, в том числе особенностями дендритной структуры (значительная протяженность главных осей в зоне транскристаллов, упорядоченность в размерах и ориентации дендритных осей в центральной части слитка).

Поскольку макроструктура литого металла, а также ряд характеристик самой дендритной структуры (величина осей, дисперсность и др.) должны отражать состояние металла в момент кристаллизации, зависеть от условий затвердевания и проявляться в морфологии микроструктурных образований, было проведено детальное исследование кристаллитов и дендритов на сталях и сплавах аустенитного класса.

Как показали рентгеноструктурные исследования на дифрактометре по специально разработанным методикам, кристаллиты металла, несмотря на различие ориентировок главных дендритных осей, являются монокристалльными образованиями. Разориентировка между отдельными (смежными) зернами может изменяться в пределах $1...30^\circ$. Внешнее впечатление о величине и количестве кристаллитов может быть ошибочным. Точные сведения могут быть получены только с помощью дифракционных методов, а в отдельных случаях при специальном травлении. Поэтому наиболее удобным объектом для детальных исследований являются сплавы, не имеющие полиморфных превращений.

Разориентировки в пределах одного зерна ЭШП не превышают $10'$, для электрометалла эта величина больше – до $30'$. Такие незначительные разориентировки в пределах зерна являются одним из доказательств их монокристалльности.

Кристаллиты в слитках ЭШП отличаются значительно более высоким совершенством относительно электрометалла. Угол разориентировки по фрагменту в зернах ЭШП постоянен ($0,08^\circ$), в электрометалле он меняется от $0,09^\circ$ до $0,13^\circ$.

Все проведенные измерения указывают на монокристалльность первичных зерен - кристаллитов электрошлакового металла и на их высокое совершенство.

Рентгенографические исследования отдельных дендритов, вырезанных из сетки, вытравленных осей дендритов, а также дендритов непосредственно на шлифах металла (методами дифрактометрии) показали, что они также являются монокристаллами.

Более детальное рентгенографическое и металлографическое исследование ориентации кристаллитов и дендритов в целом показывает, что, несмотря на геометрическую разориентацию главных осей дендритов, их образование (рост) при ЭШП происходит путем "наслаивания" кристаллографических плоскостей одинакового типа. В результате такого роста обеспечивается как монокристалльность зерна, так и его ориентация в определенном кристаллографическом направлении.

В литом металле ЭШП наблюдаются, как правило, два типа границ: четко выраженные границы между кристаллитами и более тонкие субграницы внутри кристаллитов. Границы между кристаллитами проходят по междендритным объемам, в краевых зонах слитка сохраняют ориентацию в направлении теплоотвода. В металле ЭШП выявлена более правильная огранка кристаллитов, в ряде сплавов зерна имеют характерную для ячеисто-дендритной кристаллизации шестиугольную форму. Условия кристаллизации при ЭШП и меньшее развитие внутрикристаллической ликвации обусловили отсутствие зубчатости границ и грубых выделений избыточных фаз на границах между зернами.

Существенное значение для конечных свойств металла имеет его плотность. Под плотностью подразумевается не только отсутствие дефектов макромасштаба (мелкие трещины, поры, видимые под микроскопом и т.п.), но и уровень содержания пор субмикромасштаба, включая дефекты кристаллической решетки типа крупных вакансий. Этот показатель вводился как составная часть физической плотности стали или сплава наряду

с учетом влияния карбидов и металлических включений.

Естественно ожидать, что изменение хода кристаллизации при ЭШП должно отразиться на характере межатомных связей в кристаллической решетке и выразиться в определенном росте плотности литого металла ЭШП относительно обычных слитков.

Уже простое сопоставление площади пор (по металлографическим данным) в ЭШП и электрометалле свидетельствует о более плотной макроструктуре первого, что особенно четко проявляется для центральной части слитка. Результаты измерения физической плотности металла в различных по высоте и сечению зонах слитка указывают не только на более высокую плотность металла ЭШП, но и на его большую однородность.

Рассмотренные выше особенности тонкого строения литого металла ЭШП обуславливают его высокие механические, теплофизические и другие свойства. Наиболее показательными в этом отношении являются ме-

ханические свойства при высоких температурах, особенно близких к плавлению.

Испытания металла при 1350...1400 °С, т.е. в области температур, где прочностные свойства имеют в общем минимальные значения, указывают на преимущества металла ЭШП относительно электростали. Так, прочность металла ЭШП составляет в среднем 1,65...2,10 МПа, электрометалла - не более 0,82 МПа. Электрошлаковая сталь при этих "сверхвысоких" температурах имеет значительно более высокие показатели пластичности: относительное удлинение 15...28% против 9...13% в электростали; относительное сжатие 52...63% против 23...43%.

Таким образом, известные и вновь выявляемые преимущества электрошлакового металла обусловлены не только отличием его макро- и микроструктуры, но, в большей мере, и тонким строением литого металла, отражающим благоприятные условия протекания процесса направленной кристаллизации при ЭШП.