

ций являются также включения маточной среды и пористых частей.

При *K*. из расплава дислокации возникают из-за термомеханических напряжений, вызванных нелинейным распределением темп-ры; при охлаждении уже выросших частей кристалла снаружи; при линейном распределении темп-ры вдоль нормали к достаточно протяжённому фронту *K.*, если свободный температурный изгиб кристалла невозможен; наследованием из затравки. Поэтому выращивание бездислокационных кристаллов Si, GaAs, In начинаются с затравок малого диаметра и ведут в максимально однородном температурном поле. Кристаллы могут содержать петли дислокаций размером меньше 1 мкм. Петли образуются как контуры дискообразных скоплений (к л а с т е р о в) межузельных атомов (или вакансий), возникших в результате распада пересыщенного твёрдого раствора при охлаждении выросшего кристалла. Атомы примеси могут быть центрами зарождения кластеров.

Массовая *K.* При определ. условиях возможно одновременно рост множества кристаллов. Спонтанное массовое появление зародышей и их рост происходят, напр., при затвердевании отливок металлов. Кристаллы зарождаются прежде всего на охлаждаемых стенках изложницы, куда заливается перегретый металл. Зародыши на стенках ориентированы хаотично, однако в процессе роста «выживают» те из них, у к-рых направление макс. скорости роста перпендикулярно стенке (геометрич. отбор кристаллов). В результате у поверхности возникает т. н. столбчатая зона, состоящая из узких кристаллов, вытянутых вдоль нормали к поверхности.

Массовая *K.* в растворах начинается либо на спонтанно возникших зародышах, либо на специально введённых затравках. Сталкиваясь в перемешиваемом растворе между собой, со стенками сосуда и мешалкой, кристаллики разрушаются и дают начало новым центрам *K.* (вторичное зарождение). Причиной вторичного зарождения могут быть также мелкие обломки нависающих над гранью слоёв, «запечатывающих» плоские параллельные грани, включения маточного раствора. В металлургии используют сильные конвективные потоки, обламывающие дендритные кристаллы и разносящие центры *K.* по всему объёму, иногда применяют УЗ-дробление растущих кристаллов. Массовой *K.* очищают вещества от примеси ($K < 1$). Массовая *K.* из газовой фазы (в т. ч. из плазмы) используется для получения ультрадисперсных порошков с размерами кристалликов до 10^{-6} см и менее. Необходимые для этого высокие переохладения достигаются резким охлаждением пара смеси химически реагирующих газов или плазмы. Известен способ массовой *K.* капель, кристаллизующихся во время падения в охлаждаемом газе.

Лит.: Выращивание кристаллов из растворов, 2 изд., Л., 1983; Теммлейн Г. Т., Морфология и генезис кристаллов, М., 1973; Лодиз Р. А., Паркер Р. Л., Рост монокристаллов, пер. с англ., М., 1974; Проблемы современной кристаллографии, М., 1975; Современная кристаллография, т. 3, М., 1980; Чернов А. А., Физика кристаллизации, М., 1983; Гегузин Я. Е., Кагановский Ю. С., Диффузионные процессы на поверхности кристалла, М., 1984; Морозов И. Д., Трусов Л. И., Лаповок В. П., Физические явления в ультрадисперсных средах, М., 1984; Скрипов В. П., Коверда В. П., Спонтанная кристаллизация переохлажденных жидкостей, М., 1984.

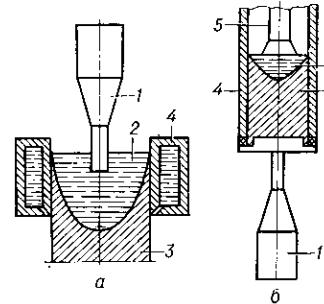
А. А. Чернов.

КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ УЛЬТРАЗВУКОВАЯ — процесс кристаллизации под действием УЗ-колебаний, изменяющих условия зарождения и роста кристаллов и позволяющих получать измельчённую структуру поликристалла с улучшенными физ.-механич. свойствами. УЗ оказывает влияние на кристаллизацию почти всех веществ, однако наиб. практич. применение *K.* у. получила при произ-ве слитков и фасонных отливок из металлов и сплавов.

Механизм *K.* у. зависит от интенсивности УЗ, условий его введения в кристаллизующийся расплав, чистоты жидкого металла по твёрдым примесям и т. д.; в частности, он связан с интенсификацией тепло-

обмена в УЗ-поле. При введении УЗ-колебаний высокой интенсивности непосредственно в жидкую часть слитка (рис., а) возникает возможность активного воздействия на расплав в предкристаллизацион. период. Поглощение акустич. энергии, интенсивное развитие кавитации и акустических течений в расплаве приводят к дополнит. нагреву жидкой фазы на 10—15 °С и активации (смачиванию) нерастворимых примесей, в обычных условиях не участвующих в процессе *K.* у. Перегрев расплава устраняет возможность объёмной *K.* у. и переносит зону зарождения и роста кристаллов непосредственно к фронту *K.* у., где активация примесей создаёт избыток активных центров кристаллизации. Такое изменение условий зарождения и роста кристаллов позволяет при непрерывном литье лёгких сплавов сформировать сверхтонкую (измельчённую) структуру — т. н. не-

Принципиальные схемы введения ультразвука в расплав: а — при кристаллизации лёгких сплавов методом непрерывного литья; б — при вакуумно-дуговом переплаве тугоплавких металлов; 1 — источник ультразвука; 2 — жидкая часть слитка; 3 — слиток (отливка); 4 — кристаллизатор (форма); 5 — расходимый электрод.



дендритную. Полученная структура не имеет дендритного строения, и каждое её зерно по размеру равно дендритной ячейке слитка, отлитого в тех же условиях, но без применения УЗ. Слитки на основе алюминия с недендритной структурой отличаются тонким строением границ зёрен, повышенной плотностью, малым содержанием водорода, следствием чего являются высокая технологич. пластичность. Изделия, изготовленные из таких слитков деформированием, наследуют измельчённую структуру и улучшенные физ.-механич. свойства (пластичность, вязкость разрушения и т. п.).

Если УЗ высокой интенсивности вводится в расплав через затвердевшую часть слитка (рис., б), кавитация, воздействуя на фронт *K.* у. вызывает обламывание ветвей растущих дендритных кристаллов и вынос обломков твёрдой фазы акустич. потоками в объём жидкой части слитка, увеличивая тем самым число центров *K.* у. и вызывая переохладение расплава. При этом измельчение литого зерна, как правило, сопровождается укрупнением дендритных веточек.

Лит.: Капустин А. И., Влияние ультразвука на кинетику кристаллизации, М., 1962; Эскин Г. И., Ультразвуковая обработка расплавленного алюминия, 2 изд., М., 1988; Абрамов О. В., Кристаллизация металлов в ультразвуковом поле, М., 1972.

Г. И. Эскин.

КРИСТАЛЛИТЫ — мелкие монокристаллы, не имеющие ясно выраженной огранки. *K.* являются кристаллич. зёрна в металлич. слитках, горных породах, минералах, поликристаллич. образованиях и др. См. Поликристаллы.

КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ РЕШЁТКА — присущее кристаллам регулярное расположение частиц (атомов, их ядер, ионов, молекул, электронов), характеризующееся периодич. повторяемостью в трёх измерениях. Для описания *K.* р. достаточно знать размещение частиц в элементарной ячейке, повторением к-рой путём параллельных переносов (трансляций) образуется структура кристалла. Элементарная ячейка *K.* р. имеет форму параллелепипеда, построенного на векторах a_1 , a_2 , a_3 . Она может быть выбрана разл. способами (рис.). Существование *K.* р. объясняется тем, что равновесие сил притяжения и отталкивания между атомами, соответствующее минимуму потенц. энергии системы, достигается при условии трёхмерной периодичности.