

## ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСТЕКАНИЯ РАСПЛАВОВ ПРИ ИХ ДИСПЕРГИРОВАНИИ НА ПОВЕРХНОСТЬ КРИСТАЛЛИЗАТОРА

М.Н. Верещагин, Р.И. Вечер, Д.Л. Стасенко, М.Ю. Целуев  
*Гомельский политехнический институт им.П.О. Сухого, Беларусь*

По поверхности твёрдых тел расплавы могут растекаться в виде фазового жидкого слоя и путём поверхностной диффузии атомов.

В первом приближении необходимым условием растекания расплава по поверхности твёрдого тела состоит в выполнении известного неравенства  $\sigma_{\tau} \geq \sigma_{\text{ж}} + \sigma_{\tau-\text{ж}}$ , где  $\sigma_{\tau}$ ,  $\sigma_{\text{ж}}$ ,  $\sigma_{\tau-\text{ж}}$  - свободные поверхностные энергии твёрдого тела, расплава на границе с окружающей средой и на их границе друг с другом.

Данное соотношение не даёт точный ответ на вопрос - будет ли расплавленный металл растекаться по поверхности твёрдого тела, т.к. в реальных условиях свободная поверхностная энергия  $\sigma_{\tau}$  и  $\sigma_{\tau-\text{ж}}$  может изменяться в широких пределах вследствие взаимодиффузии компонентов, изменения химического состава и структуры поверхностного слоя.

Процесс растекания капель расплавов по твёрдой поверхности делится на три последовательные стадии: на начальной стадии капля под воздействием капиллярных сил и силы тяжести превращается в плоскую «лужицу». Затем, происходит дальнейшее растекание жидкости со степенной зависимостью расстояния от времени. На последней стадии скорость растекания быстро уменьшается и растекание прекращается. На второй

стадии растеканию препятствует главным образом вязкое сопротивление жидкого металла, на которое расходуется запас свободной поверхностной энергии. Для случая линейной задачи имеем следующий закон перемещение фронта жидкого металла  $X = (3 m \Delta\sigma / 2\eta\rho_L\xi)^{1/3} t^{1/3}$ , где  $X$  - расстояние от центра капли с массой  $m$ ;  $\eta$ ,  $\rho_L$  - вязкость и плотность жидкого металла;  $\xi$  - коэффициент, учитывающий неоднородность толщины слоя расплава.

Процесс растекания условно можно разделить на кинематический и диффузионный этапы. При изотермическом процессе термодинамическая сила  $\Delta\mu$  определяет тянущее усилие  $\Delta\sigma$  при смачивании

$$\Delta\mu = \Delta\sigma = \sigma_T - \sigma_{TЖ} - \sigma_{Ж} \cdot \cos\theta. \quad (1)$$

Скорость перемещения жидкости с учётом соотношения (1) можно описать уравнением:

$$V = k \Delta\sigma, \quad (2)$$

где  $k$  - коэффициент пропорциональности, определяемый в начальный момент по скорости растекания  $V_0$  и углу смачивания  $\theta = \theta_0$ .

Теоретический анализ системы уравнений движения вязкой не-сжимаемой жидкости показывает, что кинетика растекания тонкого слоя при  $\delta \ll r$  жидкости описывается соотношением  $r = (\delta\Delta\sigma m / \pi\mu\rho\alpha)^{1/4} t^{1/4}$ , где  $\Delta\sigma = k_1(\sigma_T - \sigma_{Ж}) - \sigma_{Ж}$ ,  $k_1$  - коэффициент шероховатости подложки;  $m$  - масса капли;  $\mu$ ,  $\rho$  - вязкость и плотность расплава;  $\delta$  - толщина слоя,  $\alpha > 1$  - поправочный коэффициент учитывающий повышение гидравлического сопротивления слоя.

Кинематическая энергия капли жидкого металла, летящей со скоростью  $V_0$  в направлении закалочной поверхности равна:  $E = 1/2 \rho V V_0^2$ , где  $V$ ,  $\rho$  - объём и плотность расплава.

При соблюдении условия прилипания жидкого металла к поверхности диска и постоянства объёма растекающейся капли расплава скорость  $V_R$  можно представить следующим образом  $V_R = -R/2h dh/dt$ , где  $1/2 dh/dt$  - скорость перемещения центра тяжести растекающейся капли масла;  $R$  - радиус плёнки жидкости.

Скорость диссипации первоначальной кинетической энергии, с учётом полученных соотношений, равна

$$de/dt = 2^{-(u+2)} \rho^u V^{(1-u)} h^{-3} R^{(u+2)} (-dh/dt)^{u+2} \quad (3),$$

где  $u$  - показатель, характеризующий режим растекания.

Кинетическая энергия, необходимая для перевода сферической капли в тонкую плёнку на поверхности охлаждения равна  $E = 1/2 \rho V (1/2 dh/dt)^2$ , а работа  $dA' = 2\pi R dR e'$ . Выражая радиус  $R$  через толщину и объём капли и производя дифференцирование выражения для скорости диссипации энергии по времени находим скорость полёта капли

$$V_0^{1-u} = ((1-u)2^{-2(u-1)} / (u+8)(u+10)) (V/\rho h_0)^{1-u} h_0^{(u+8)/2} (h^{(u-8)/2} - h_0^{(u+8)/2}) \quad (4)$$

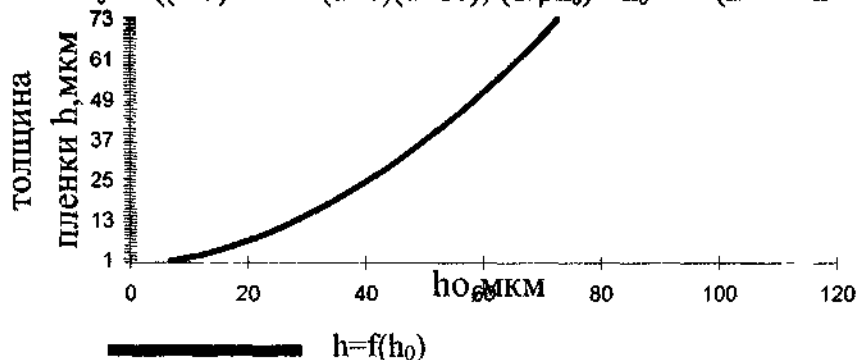


Рис.1 Закономерность толщины пленки  $h$  от  $h_0$

---

Для нахождения конечных размеров плёнки при  $h \ll h_0$  выражение (4) преобразуется к виду  $h = 0,406(\sigma/\rho V_0)^{0,178} h_0^{0,822}$ . (5)

Проведенные исследования влияния технологических параметров процесса диспергирования на конечные размеры получаемых изделий показал, что решающее влияние на последние оказывает размер получаемых капель при диспергировании расплава (рис.1).