

Е.Б. Ложечников, С.С. Клименков, А.М. Кожевников

НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА ПОРОШКОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ИХ ПРОКАТЫВАЕМОСТЬ

Изучение закономерностей формирования ленты при прокатке порошков показывает, что ее толщина и плотность, а также давление и мощность привода прокатки в значительной степени зависят от коэффициентов внешнего и межчастичного трения порошка. В связи с этим представляет интерес определение коэффициентов трения порошков, подвергнутых предварительной обработке перед прокаткой.

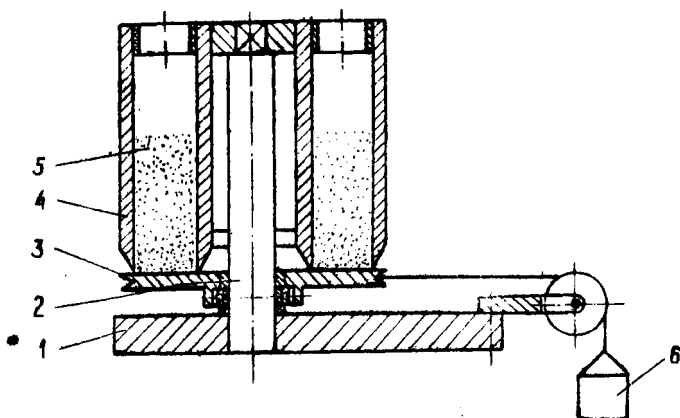


Рис. 1. Приспособление для определения коэффициента внешнего трения порошка.

Для измерения коэффициента внешнего трения порошка изготовлено приспособление (рис. 1), состоящее из плиты 1 с осью 2, на которой свободно посажен диск 3 и цилиндрический бункер 4. Испытываемый порошок 5 засыпается до определенного уровня в бункер,

после чего чашку 6 заполняли металлическим порошком. Момент трения порошка по диску:

$$M_{\text{тр}} = (Q - Q_0) R_{\text{ш}} \quad (1)$$

где Q - вес груза в начале поворота диска,
 Q_0 - вес груза при холостом повороте диска,
 $R_{\text{ш}}$ - радиус диска.

В то же время момент трения может быть записан в виде

$$M_{\text{тр}} = 2\pi\mu\rho \int_{r_0}^{r_n} r^2 dx = \frac{2}{3}\pi\mu\rho(r_n^3 - r_0^3) \quad (2)$$

где μ - коэффициент внешнего трения порошка;
 ρ - давление порошка на диск

$$\rho = \frac{Q_1}{\pi(r_n^2 - r_0^2)}$$

Здесь Q_1 - вес засыпанного в бункер порошка;

r_n и r_0 - наружный и внутренний радиус поверхности контакта порошка с диском.

Тогда

$$M = \frac{3(Q - Q_0)(r_n^3 - r_0^3) R_{\text{ш}}}{Q_1(r_n^2 - r_0^2)} \quad (3)$$

Сопротивление сдвигу $|\tau_n|$ порошка, являющегося сыпучей средой с малой связностью [1], определяется формулой:

$$|\tau_n| = \sigma_n \operatorname{tg} \delta_n + C = (\sigma_n + \sigma_c) \operatorname{tg} \delta_v \quad (4)$$

где σ_n - нормальное давление;

δ_v, C - соответственно угол межчастичного трения и коэффициент сцепления порошка;

$\sigma_c = \frac{C}{\operatorname{tg} \delta_v}$ - временное сопротивление всестороннему равномерному растяжению сыпучей связи.

Исходя из (4), по соотношению между σ_n, σ_c и $|\tau_n|$ можно судить о величинах коэффициентов межчастичного трения

($t_{g\delta_v}$) и сцепления (C). Для определения сопротивления сдвигу порошка использовали приспособление, изображенное на рис. 2.

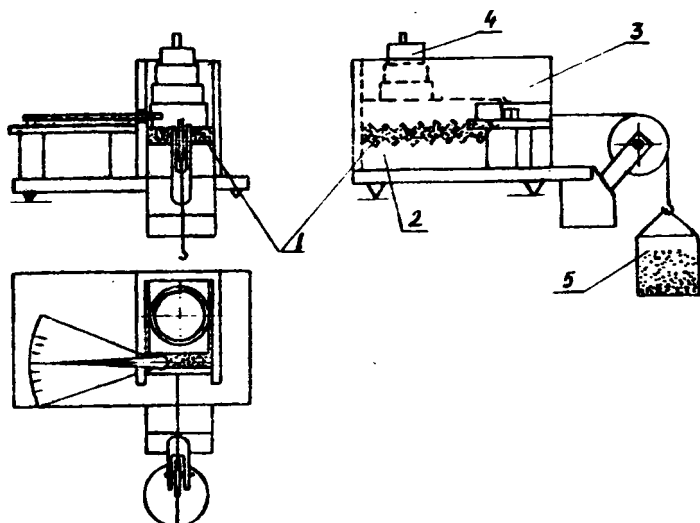


Рис. 2. Приспособление для определения сопротивления сдвигу порошка.

Порошок I ровным слоем толщиной 20 мм распределяли на нижней плите 2, после чего на него устанавливали подвижную плиту 3 (площадь контакта 36 см^2) с грузом 4. Чашку 5 загрузали металлическим порошком до сдвига подвижной плиты. Все детали приспособления выполнены из органического стекла, рабочие поверхности плит имеют поперечные пазы, что исключает сдвиг плит по порошку.

У исследуемых порошков определяли также насыпной вес γ_N , вес утряски $\gamma_{ут}$ и угол естественного откоса ρ . Работу проводили с железным порошком марки ПкТМ2 и порошком твердого сплава ВК-6. Порошки испытывали в состоянии поставки и после специальной обработки. Железный порошок увлажняли бензином (20 мл/кг) и прокатывали в валках диаметром 150 мм до толщины 1,2 - 1,4 мм, плотности 5,1 - 5,3 г/см³, после чего полосы размалывали и просеивали через сито 60 меш.

В порошок ВК-6 вводили парафин (3% вес), растворенный в бензине и в бензоле, обе шихты подвергали вальцовке с последующим размолом и просеиванием /2/. Результаты измерения свойств описан-

ных порошков в состоянии поставки и после различных видов обработки приведены в таблице I.

Из таблицы I видно, что введение в железный порошок бензина приводит к уменьшению насыпного веса и веса утряски порошка, увеличению угла его естественного откоса и при малых давлениях — коэффициента внешнего трения. Вальцовка порошка несколько уменьшает угол естественного откоса, но значительно повышает насыпной вес и вес утряски, увеличивает коэффициент внешнего трения.

Введение бензина и вальцовка вызывает рост сопротивления сдвигу.

Анализ результатов испытания порошков ВК-6 показывает характер изменения свойств, аналогичный железному порошку. Однако следует отметить, что при введении парафина, растворенного в бензоле, углы естественного откоса сопротивления сдвигу порошков имеют меньшие, а насыпной вес и вес утряски — большие значения, чем у пихты с парафином, растворенном в бензине.

Анализ приведенных в таблице данных позволяет уточнить закономерность использования в расчетах сопротивления сдвигу порошка его угла естественного откоса вместо угла межчастичного трения.

В [3] соотношение между этими параметрами определено уравнением:

$$\operatorname{tg} \delta = \operatorname{tg} \delta_4 + \frac{cF}{\psi \cos \delta} \quad (5)$$

где ψ — вес группы частиц на поверхности откоса;
 F — площадь контакта группы частиц с откосом.

Так как $\sigma_n = \frac{\psi \cos \delta}{F}$,

а $\frac{c}{\operatorname{tg} \delta} = \sigma_c$, то уравнение (5) можно преобразовать в следующий вид:

$$\operatorname{tg} \delta = \operatorname{tg} \delta_4 \left(1 + \frac{\sigma_c}{\sigma_n} \right) \quad (6)$$

Из таблицы I видно, что при увеличении σ_n до 12–17,5 г/см² $\delta = \delta_4$. Следовательно, при давлениях 12–17,5 г/см², соответствующих обычно давлению порошка в бункере на валки при вертикальной прокатке, угол естественного откоса может быть использован

ЗАВИСИМОСТЬ СВОЙСТВ ПОРОШКОВ ОТ ВИДА ИХ ОБРАБОТКИ

Порошок	Свойства	$\lambda_{\text{н}}$ г/см ³	$\lambda_{\text{п}}$ г/см ³	Р. град	$\lambda_{\text{п}}/\lambda_{\text{н}}$	$t_{\text{г}}/\rho$ при $\sigma_{\text{н}} [2/\text{см}^2]$							
						36	64	12	17,5	31,4	45,3	67,5	90
ПММ2 в состоянии поставки		21	258	31°	$\frac{0,43}{-0,152}$	$\frac{1}{45^\circ}$	$\frac{0,07}{41^\circ}$	$\frac{0,7}{35^\circ}$	$\frac{0,64}{32^\circ 25'}$	$\frac{0,55}{28^\circ 50'}$	$\frac{0,527}{27^\circ 50'}$	$\frac{0,49}{26^\circ 5'}$	$\frac{0,486}{}$
Увлажненный бензином		1,62	1,95	38°	$\frac{0,298}{-0,154}$	$\frac{1,13}{42^\circ 30'}$	$\frac{1}{45^\circ}$	—	$\frac{0,745}{36^\circ 40'}$	$\frac{0,584}{30^\circ 20'}$	$\frac{0,567}{29^\circ 30'}$	$\frac{0,523}{27^\circ 35'}$	$\frac{0,345}{28^\circ 30'}$
Вальцованный		2,75	3,42	34°	$\frac{0,215}{-0,208}$	$\frac{1,11}{48^\circ}$	$\frac{1,04}{46^\circ 5'}$	$\frac{0,89}{41^\circ 40'}$	$\frac{0,72}{35^\circ 40'}$	$\frac{0,64}{32^\circ 40'}$	$\frac{0,6}{31^\circ}$	$\frac{0,53}{27^\circ 30'}$	$\frac{0,39}{30^\circ 20'}$
Вальцованный и увлажненный бензином		2,22	3,2	38° 30'	$\frac{0,308}{-0,22}$	$\frac{1,24}{51^\circ 5'}$	$\frac{1,05}{46^\circ 20'}$	$\frac{0,835}{39^\circ 30'}$	$\frac{0,76}{37^\circ 15'}$	$\frac{0,592}{30^\circ 40'}$	$\frac{0,53}{27^\circ 55'}$	$\frac{0,54}{28^\circ 20'}$	$\frac{0,54}{26^\circ 20'}$
ВК-6 в состоянии поставки		3,04	5,30	41°	$\frac{0,24}{-0,28}$	$\frac{1,2}{48^\circ}$	$\frac{1,03}{46^\circ}$	$\frac{0,93}{43^\circ}$	$\frac{0,77}{37^\circ 40'}$	$\frac{0,65}{33^\circ}$	—	$\frac{0,51}{27^\circ}$	$\frac{0,45}{24^\circ 20'}$
С парафином на бензине		3,7	5,2	40°	$\frac{0,244}{-0,274}$	$\frac{1,2}{48^\circ 15'}$	$\frac{0,904}{44^\circ 35'}$	$\frac{0,867}{40^\circ 45'}$	$\frac{0,8}{38^\circ 40'}$	$\frac{0,69}{34^\circ 35'}$	$\frac{0,64}{32^\circ 40'}$	$\frac{0,64}{32^\circ 40'}$	$\frac{0,655}{33^\circ 10'}$
после вальцовки		4,44	5,52	40°	$\frac{0,272}{-0,354}$	$\frac{1,10}{47^\circ 30'}$	$\frac{1,08}{47^\circ}$	$\frac{0,88}{41^\circ 30'}$	$\frac{0,85}{40^\circ}$	$\frac{0,79}{38^\circ 20'}$	$\frac{0,67}{34^\circ}$	$\frac{0,62}{38^\circ}$	$\frac{0,591}{30^\circ 41'}$
С парафином на бензоле		3,5	5,02	39° 30'	—	$\frac{0,85}{43^\circ 30'}$	$\frac{0,91}{42^\circ 30'}$	$\frac{0,79}{38^\circ 20'}$	$\frac{0,73}{36^\circ 10'}$	$\frac{0,65}{33^\circ}$	$\frac{0,61}{31^\circ 30'}$	$\frac{0,59}{30^\circ 30'}$	$\frac{0,46}{25^\circ}$
после 2-й вальцовки		4,15	5,38	37° 30'	—	$\frac{1,06}{47^\circ}$	$\frac{1}{49^\circ}$	$\frac{0,83}{40^\circ}$	$\frac{0,75}{37^\circ}$	$\frac{0,66}{33^\circ 30'}$	$\frac{0,60}{31^\circ}$	$\frac{0,575}{30^\circ}$	$\frac{0,53}{28^\circ}$

* С увеличением давления от 6,8 до 34 г/см²

для расчета сопротивлений сдвига по формуле (4),

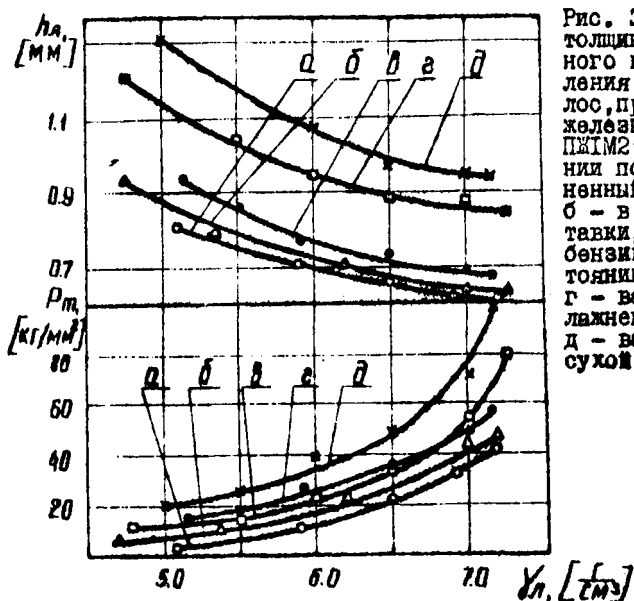


Рис. 3. Зависимость толщины и максимального нормального давления от плотности полос, прокатанных из железного порошка ПЖИМ2; а - в состоянии поставки, увлажненный бензолом; б - в состоянии поставки, увлажненный бензином; в - в состоянии поставки; г - вальцованный, увлажненный бензином; д - вальцованный, сухой.

Изменение свойств порошков, вызванных описанными выше обработками, оказывает существенное влияние на характер процесса прокатки. Введение в порошок твердого сплава парафина, растворенного в бензине и особенно в бензоле, обработка порошков вальцовкой увеличивает интенсивность их захвата валками. При этом в значительной степени увеличивается толщина и плотность прокатываемых полос. При прокатке вальцованного порошка в значительной степени возрастает давление на валки и мощность привода прокатки (рис. 3), что может быть объяснено наклепом материала порошка /2/.

Л и т е р а т у р а

1. Соколовский В.В. Статика сыпучей среды. Физматгиз, М., 1960.
2. Северденко В.П., Ложечников Е.Б., Кожевников А.С. Изменение магнитных характеристик порошка в процессе его прокатки. Труды всесоюзной научно-технической конференции по металлокерамическим материалам и изделиям, Ереван, 1973.

УДК 621.771

Ю.В.Смачко

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СМАЗОК ПРИ ВЫТЯЖКЕ С НАЛОЖЕНИЕМ КРУТИЛЬНЫХ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ

Операции листовой штамповки сопровождаются трением металла о деформирующий инструмент. В зависимости от качества смазки и скорости штамповки силы трения о рабочий инструмент могут быть весьма значительны и доходить до 100% от усилия пластической деформации. Наиболее сложные условия для смазки создаются при операции вытяжки. Заготовка в процессе вытяжки испытывает трение между поверхностями матрицы и прижима, по вытяжному ребру матрицы и в зазоре между матрицей и пуансоном.

В настоящей работе проведены исследования по определению влияния ультразвуковых крутильных колебаний на эффективность II видов смазок. Исследования проводили по следующей методике.

Устанавливали предельную степень деформации при вытяжке в обычных условиях без смазки, для чего заготовки, а также зеркало матрицы и прижима после каждой вытяжки обезжиривали. Затем с этими же значениями предельной степени деформации и усилия прижима проводили вытяжку данного материала с применением смазки, которая, по нашему мнению, должна быть наиболее эффективна при вытяжке в обычных условиях. Так как в связи с резким уменьшением коэффициента трения, усилие прижима при котором была получена предельная степень вытяжки без применения смазки, не обеспечивало предотвращения складкообразования, его увеличивали до получения годной детали при вытяжке с применением смазки. При определенном значении усилия прижима повторно устанавливали предельное значение степени деформации для вытяжки без смазки. Полученный таким образом диаметр заготовки принимали за базовый и далее проводили все необходимые исследования для выявления эффективности смазок в условиях вытяжки с ультразвуком.

Данная методика установления необходимой для исследования предельной степени деформации позволяла проводить вытяжку при