

ВЛИЯНИЕ МЕЖДУЧАСТИЧНЫХ СИЛ НА КАЧЕСТВО ПРЕССОВАННЫХ ИЗДЕЛИЙ

А. Н. МИНИН

Кандидат технических наук

(Белорусский лесотехнический институт)

Проблема рационального использования древесины заставляет всесторонне исследовать возможность использования измельченных древесных отходов для производства прессованных изделий из древесины.

Качество прессованных изделий существенным образом зависит от условий, в которых производится пьезотермическая обработка подготовленного из измельченной древесины прессматериала.

Важнейшими физическими явлениями, происходящими при пьезотермической обработке измельченной древесины в замкнутом пространстве, являются деформации. От величины полной деформации и от соотношения упругой и пластической деформации зависит качество прессованной древесины. На величину полной и соотношение упругой и пластической деформаций, кроме основных технологических факторов*, большое влияние оказывают междучастичные силы взаимодействия, которые существенно зависят от расстояния между частицами. Эта зависимость описывается следующими выражениями**:

силы притяжения

$$P_{\text{пр}} = \frac{a}{r}; \quad (1)$$

силы отталкивания

$$P_{\text{от}} = \frac{b}{r^n}; \quad (2)$$

где a и b — константы, причем $b > a$;

n — показатель степени, который всегда больше 1;

r — расстояние между центрами частиц, и его значение всегда положительное.

* А. Н. Минин. Влияние основных технологических факторов на деформации измельченной древесины. Сборник трудов БЛТИ им. С. М. Кирова. Белгосиздат, 1957.

** Э. И. Берг. Технология синтетических пластических масс. Госхимиздат, Л., 1954.

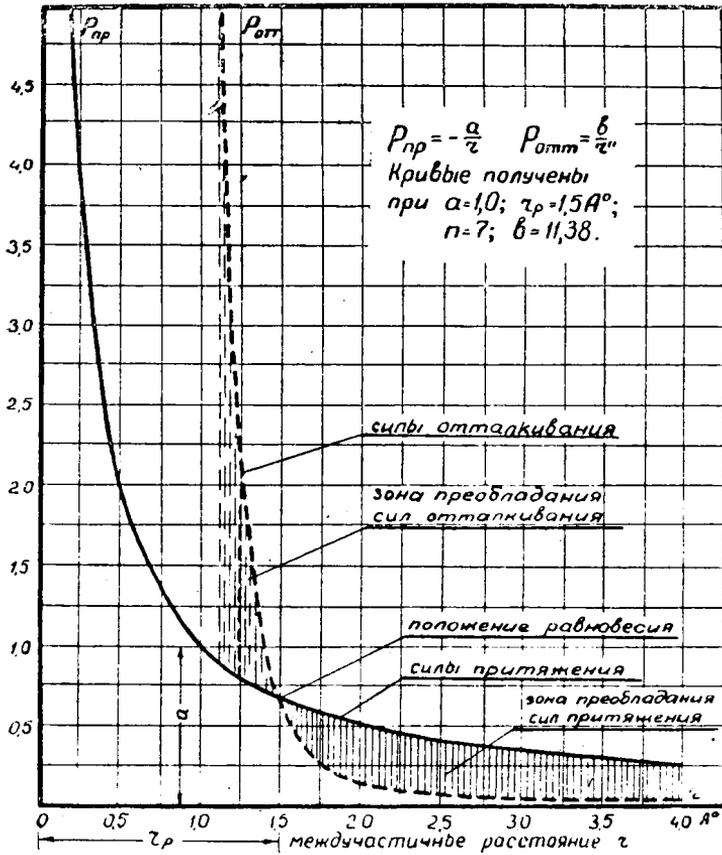


Рис. 1.

Условие равновесного состояния системы, определяемое соотношением сил притяжения и отталкивания между частицами, может быть выражено равенством:

$$\frac{a}{r_p} = \frac{b}{r_p^n}, \quad (3)$$

откуда следует, что расстояние между частицами, при котором осуществляется равновесие сил притяжения и отталкивания равно:

$$r_p = \sqrt[n-1]{\frac{b}{a}}; \quad (4)$$

где: r_p — расстояние между центрами частиц в состоянии равновесия системы.

По данным В. Н. Кондратьева расстояние между атомами углеродных соединений в состоянии равновесия равно: при одинарной связи — $1,5 \text{ \AA}$, двойной — $r_p = 1,3 \text{ \AA}$ и тройной — $r_p = 1,2 \text{ \AA}$.

Для вскрытия влияния междучастичных сил притяжения и отталкивания на деформации измельченной древесины при прессовании ее в замкнутом пространстве по формулам (1) и (2) построен график

(рис. 1) зависимости сил притяжения и отталкивания от изменения междучастичного расстояния при следующих значениях констант: $r_p = 1,5\text{Å}$, $n = 7$; $a = 1,0$ и $b = 11,38$. Константы a и b определялись по методике В. Н. Кондратьева*.

Из формул (1) и (2) и графика на рис. 1 видно, что силы притяжения и силы отталкивания изменяются неодинаково, в зависимости от расстояния между ними. При $r = 0$ междучастичные силы притяжения и отталкивания равны бесконечности, а при $r = \infty$ они равны нулю. При $r = 1\text{Å}$ силы притяжения численно равны « a », а силы отталкивания численно равны « b ». При уменьшении расстояния между частицами от бесконечности до нуля междучастичные силы притяжения и отталкивания изменяются неодинаково. В начале сближения частиц силы притяжения увеличиваются быстрее, чем силы отталкивания. Преобладание междучастичных сил притяжения над силами отталкивания способствует росту полной и пластической деформаций и уменьшению упругой деформации.

После достижения максимальной разности между силами притяжения и отталкивания силы отталкивания растут быстрее, чем силы притяжения. С этого момента сближение частиц встречает резко возрастающее преобладание междучастичных сил отталкивания над силами притяжения, которые при дальнейшем сжатии препятствуют приращению полной деформации (рис. 2) и вызывают все возрастающие упругие деформации. При $r < r_p$ наблюдается резкое увеличение преобладания сил отталкивания над силами притяжения.

Влияние междучастичных сил притяжения и отталкивания на деформации измельченной древесины при прессовании ее в замкнутом пространстве определяется величиной и направлением их равнодействующей, описываемой выражением

$$R = P_{\text{пр}} - P_{\text{от}} = \frac{a}{r} - \frac{b}{r^n}, \quad (5)$$

Междучастичное расстояние, при котором осуществляется максимальное взаимное притяжение частиц, может быть определено из выражения:

$$\lg r_m = \frac{\lg \frac{n \cdot b}{a}}{n - 1} \quad (6)$$

Зависимость равнодействующей междучастичных сил притяжения и отталкивания от изменения междучастичного расстояния представлена на рис. 3. Имея в виду эту зависимость, процесс прессования материала в закрытой прессформе можно разделить на следующие три фазы:

Первая фаза прессования начинается с момента приложения давления к прессматериалу. В этой фазе междучастичные силы притяжения преобладают над силами отталкивания, причем равнодействующая этих сил имеет положительное значение и увеличивается по

* В. Н. Кондратьев. Структура атомов и молекул. Изд-во АН СССР, 1946

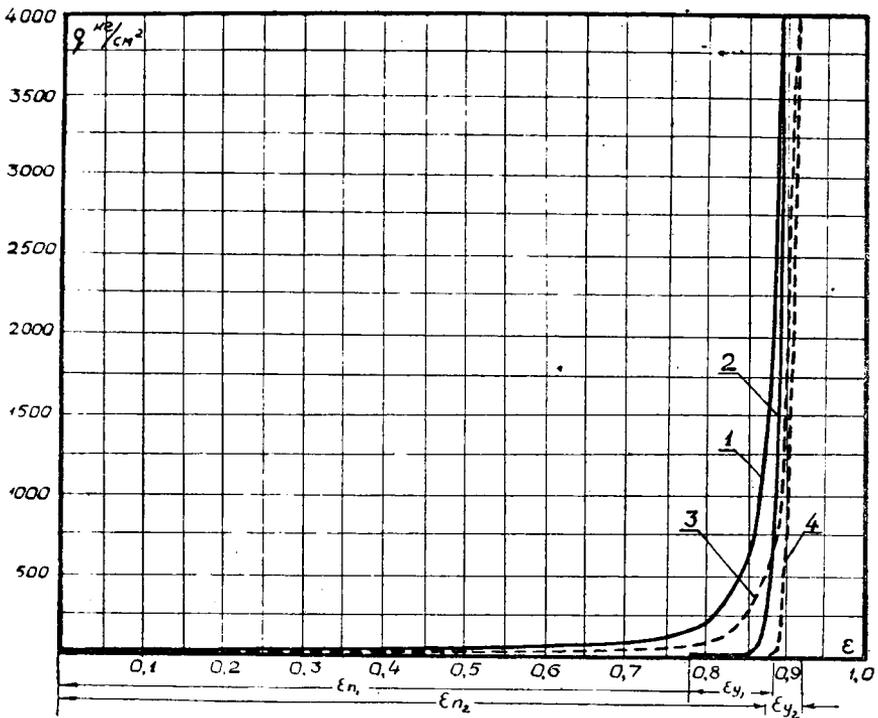


Рис. 2.

мере сближения частиц до междучастичного расстояния, определяемого по формуле (6). В конце фазы при $r = r_m$ положительная равнодействующая достигает своего максимума. Преобладание сил притяжения над силами отталкивания в этой фазе прессования способствует росту полной и пластической и уменьшению упругой деформации. В этой фазе сближение частиц протекает при сравнительно небольших удельных давлениях прессования (до 30—50 kg/cm^2), но при значительной объемной деформации, что видно на рис. 2.

Второй фазе прессования материала соответствует интервал от $r = r_m$ до $r = r_p$. Эта фаза характерна уменьшением положительной равнодействующей, так как при дальнейшем сближении частиц междучастичные силы отталкивания увеличиваются быстрее, чем силы притяжения. В конце этой фазы междучастичные силы притяжения и отталкивания равны между собой. Фаза характерна тем, что она протекает при сравнительно высоких удельных давлениях прессования (от 30—50 до 750—3000 kg/cm^2), но при незначительной объемной деформации (рис. 2). Усилие прессования во второй фазе растет значительно быстрее, так как по мере сближения частиц в этой фазе увеличиваются силы трения — T , уменьшается положительное значение равнодействующей междучастичных сил притяжения и отталкивания — R . В конце этой фазы усилие прессования — Q равно сумме внутренних — T_1 и внешних — T_2 сил трения.

Третья фаза прессования материала простирается от значения $r = r_n$ в сторону дальнейшего уменьшения расстояния между частицами. В этой фазе силы отталкивания увеличиваются значительно быстрее,

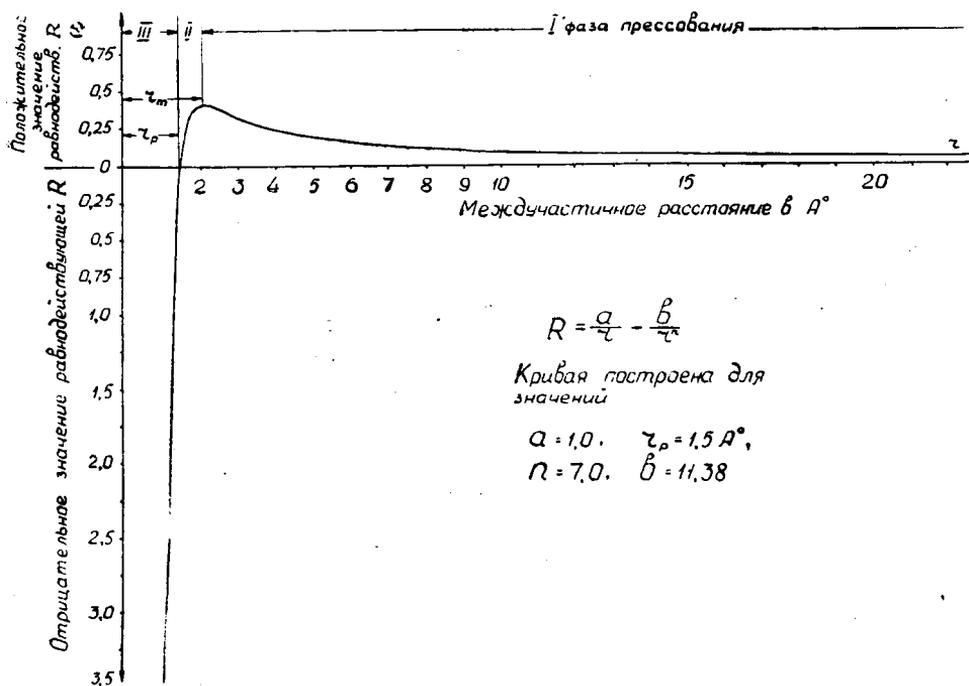


Рис. 3.

чем силы притяжения. Поэтому сближение частиц за пределом равновесия системы встречает резко возрастающее отрицательное значение равнодействующей междучастичных сил притяжения и отталкивания, которое при дальнейшем сжатии препятствует приращению полной деформации и вызывает все возрастающие упругие деформации (рис. 2 и 3). Третья фаза прессования протекает при высоких и сверхвысоких удельных давлениях прессования, но при весьма малой объемной деформации, что видно на рис. 2.

Усилие прессования в любой фазе может быть определено по формуле

$$Q = T_1 + T_2 - R, \quad (7)$$

где Q — усилие прессования;

T_1 — силы трения, возникающие между частицами прессуемого материала;

T_2 — силы трения, возникающие между прессуемым материалом и стенками прессформы;

R — равнодействующая междучастичных сил притяжения и отталкивания.

При сравнении кривых сжатия 1 и 3 (рис. 2), записанных на испытательной машине ИМ-4А, с кривой равнодействующей междучастичных сил притяжения и отталкивания (рис. 3) видно, что в характере указанных кривых наблюдается некоторое подобие. Это позволяет предполагать, что величина и направление равнодействующей междучастич-

ных сил притяжения и отталкивания, наряду с силами трения, возникающими между элементарными частицами прессуемого материала, оказывают решающее влияние на полную деформацию и соотношение упругой и пластической деформаций. Кроме указанного, подобие кривых подтверждает правильность методики определения констант a , b , n и r_p .

Из рис. 3 и формулы (7) видно, что в первой и второй фазах деформирования измельченной древесины усилие прессования равно силам трения за вычетом положительной равнодействующей междучастичных сил притяжения и отталкивания. При этом силы внутреннего трения в прессуемом материале больше положительной равнодействующей междучастичных сил притяжения и отталкивания. Поэтому решающее значение на усилие прессования в первой и второй фазах деформирования материала оказывает преобладание сил трения, возникающих между частицами прессуемого материала над положительной равнодействующей междучастичных сил притяжения и отталкивания. При сжатии прессуемого материала во второй фазе положительная равнодействующая уменьшается, а внутренние силы трения возрастают. В конце второй фазы деформирования материала усилие прессования полностью затрачивается на преодоление сил трения (T_1 и T_2). В третьей фазе деформирования прессуемого материала силы внутреннего трения и равнодействующая междучастичных сил притяжения и отталкивания имеют одинаковое направление. Преобладающая часть усилия прессования в этой фазе затрачивается на преодоление резко возрастающей отрицательной равнодействующей междучастичных сил притяжения и отталкивания.

При снятии давления с прессуемого материала, деформированного в пределах первой и второй фаз, силы внутреннего трения и положительная равнодействующая междучастичных сил притяжения и отталкивания имеют одинаковое направление и способствуют увеличению пластической деформации за счет уменьшения упругой деформации. При снятии давления с материала, спрессованного в пределах третьей фазы, силы внутреннего трения также способствуют увеличению пластической деформации за счет упругой деформации, а отрицательная равнодействующая междучастичных сил притяжения и отталкивания в этой фазе способствует увеличению упругой деформации за счет уменьшения пластической деформации.

Таким образом, при определении режимов прессования измельченной древесины необходимо учитывать силы трения, возникающие между частицами прессуемого материала, и величину и направление равнодействующей междучастичных сил притяжения и отталкивания, а именно:

- 1) при получении плотных и прочных спрессованных изделий необходимо на первом этапе прессования добиваться уменьшения сил внутреннего трения, а перед снятием давления стремиться к максимальному увеличению их. Этого можно достигнуть путем прессования по возможности более влажного (в пределах до точки насыщения волокна) и нагретого до состояния наибольшей текучести материала и последующего просушивания и охлаждения спрессованного материала еще до снятия давления. Практически это легко может быть осуществлено при прессовании из измельченной древесины плит на горячих гидравлических многоплитных прессах, конструкцией которых предусмотрена возможность просушки и охлаждения прессматериала, как это широко применяется при производстве древесно-слоистых пластиков, декоративно-отделочной фанеры и ряда других высококачественных спрессованных материалов.

- 2) При производстве легких и прочных спрессованных материалов

необходимо стремиться к увеличению сил трения и прессматериала не только перед снятием давления, но и в процессе всего периода прессования прессматериалов. Этого можно достигнуть путем прессования более сухого и, по возможности, менее нагретого материала при переменном, постепенно понижающемся, удельном давлении прессования. На первом этапе для сближения частиц до максимального значения положительной равнодействующей междучастичных сил притяжения и отталкивания (рис. 3) желателен дать более высокое удельное давление прессования. После достижения указанного положения необходимо постепенно уменьшать удельное давление прессования до величины несколько превышающей упругие усилия, возникающие в прессуемом материале. В настоящее время при получении легких прессованных материалов (стружечных плит и др.) применяют ступенчатые режимы прессования. На первом этапе дают высокое удельное давление прессования; затем его ступенчато уменьшают.

3) Увеличение удельного давления за пределом равновесия системы значительного упрочнения и уплотнения прессованным изделиям не дает. Поэтому завышенное удельное давление прессования, применяемое на брикетных прессах, ни чем не оправдано, ведет к утяжелению конструкции указанных прессов и значительному завышению мощности привода.

4) Наиболее прочный прессованный материал должен получаться при уплотнении прессуемого материала до максимального значения положительной равнодействующей междучастичных сил притяжения и отталкивания, если при этом удельном давлении пленки вяжущего вещества будут предельно ориентированы, биомолекулярны.

5) Процесс прессования измельченной древесины в первой фазе протекает при сравнительно небольших удельных давлениях прессования, но при значительной объемной деформации (рис. 2). Поэтому, с целью получения нормальной толщины брикетов, на штемпельных брикетировочных прессах необходимо применять предварительное уплотнение измельченной древесины при подаче ее в прессовальную камеру пресса с тем, чтобы не изменять длину прессовальной камеры. Наиболее целесообразным механизмом для предварительного уплотнения рыхлого материала является винтовой конический транспортер.