

недостатки каждого метода в сравнении со сносом здания, и возведением на освобожденной площади нового жилья.

Требуется провести вариантное проектирование реконструкции в сравнении со сносом и возведением нового жилья на одном объекте. При выборе объекта для сравнения необходимо руководствоваться принципом соблюдения условия сопоставимости сравниваемых объектов по категории (экономический и социальный эффект-равнозначны), и в результате осуществления строительного-монтажных работ должны быть получены сравнимые технико-экономический и социальный эффект.

### ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Жербин М.М., В.И. Большаков. Новая концепция модернизации и надстройки существующих малоэтажных жилых зданий до любого количества этажей. Дн. Gaudemaus, 2000. – 50с.
2. Булгаков С.Н. Концептуальное положение, принципы, технические и градостроительные решения, экономические и социальные преимущества окупаемой реконструкции пятиэтажной жилой застройки. Строительство, материаловедение, машиностроение //Сб. научн. трудов. Вып.36, ч.1, - Дн-вск, ПГАСА, 2006.-3-11с.
3. Булгаков С.Н. Реконструкция жилых домов первых массовых серий и малоэтажной жилой застройки.// М. ООО «Глобус», 2001г.-248с.
4. Кирнос В.М., Залуниин В.Ф., Дадиверина Л.Н. Организация строительства, Днепропетровск: Издательство "Пороги", 2005г. – 310с.
5. Щеглова О.Ю. Организационно-технологические решения реконструкции 5-ти этажных жилых домов с использованием надстройки: Дис... канд. Техн. наук: 05.23.08. - Д., 2006. – 77-80с.
6. Дамаскин Б.С. О необходимости реконструкции 5-ти этажных жилых зданий // Строительство Украины. 1999. - № 6. – С. 3 – 17.

УДК 69.216-147:539.213

### ИЗУЧЕНИЕ УСЛОВИЙ ОХЛАЖДЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ЛЕНТЫ ЗА ПРЕДЕЛАМИ БАРАБАНА-КРИСТАЛЛИЗАТОРА

*Г.А. Сребрянский\*, А.П. Стовпченко\*\*, д.т.н., проф.*

*\*Никопольский техникум НМетАУ, \*\*Национальная Металлургическая академия Украины, Днепропетровск*

В наиболее распространенных на сегодняшний день промышленных схемах получения металлической ленты из расплава разливкой на вращающийся барабан-кристаллизатор затвердевшая и охладившаяся на нём лента (аморфная или микрокристаллическая) принудительно снимается с его поверхности и направляется в бункер-лентоприёмник или смоточное устройство [1,2]. В обоих случаях имеет место промежуток времени (расстояние) между точкой съёма ленты с поверхности барабана и бункером

(смоточным устройством). Лента при этом сначала находится в контакте с поверхностью лентосъёмника, двигаясь по ней со скоростью, заданной вращением барабана, а затем в свободном полёте с той же скоростью. Фактически, как бы неподвижная лента обдувается потоком воздуха, скорость которого соответствует линейной скорости вращающегося барабана. Причём, этот обдув является двусторонним после лентосъёмника, а на самом лентосъёмнике – односторонним (другая поверхность ленты скользит по нему) [3]. Диапазон используемых скоростей вращения барабана позволяет считать этот воздушный поток турбулентным [3,4], и можно предполагать достаточно интенсивное дополнительное охлаждение уже сформировавшейся ленты на этой стадии процесса.

Тем не менее, именно эта стадия процесса изучена недостаточно, в частности, условия охлаждения на лентосъёмнике и в свободном полёте. В связи с чем, в настоящей работе ставилась задача – изучить условия охлаждения ленты, получаемой из расплава методами спиннингования (CBMS) или разлива плоского потока (PFC), за пределами барабана-кристаллизатора.

Поведение ленты после её схода с поверхности барабана в лабораторных условиях изучали на сплавах  $Fe_{83}B_{17}$  и Sendust, на промышленном («крупнотоннажном») оборудовании – на серийно выпускаемых аморфных сплавах систем Fe-Si-B-C и Fe-Cr-Si-B.

При этом на лабораторной установке (см. рис.1) устанавливались лентосъёмники из различных материалов (фторопласт, высокопрочная сталь, медь), которые принудительно отделяли аморфную ленту сплава  $Fe_{83}B_{17}$  от поверхности барабанов из бескислородной меди или нержавеющей стали диаметром 180 мм (теплопроводность 0,941 и 0,038 кал/см·с·град). Температура расплава, геометрия сопла, скорость вращения барабана и другие параметры процесса поддерживались во всех опытах постоянными, ширина полученных лент составляла 1-2 мм, а толщина ленты менялась за счёт расхода расплава. Количество воздушных каверн на контактной поверхности также поддерживалось на одном уровне, что давало основание считать условия теплопередачи одинаковыми. Влияние условий охлаждения оценивалось по степени охрупчивания полученной ленты, считая при этом, что полностью аморфная лента не разрушается при изгибе на оправке диаметром 0,1 мм [5,6]. Это охрупчивание происходит в результате структурной релаксации при нагреве аморфных лент до температур ниже температуры кристаллизации или охлаждении в процессе получения с недостаточной скоростью [7-10], но ленты остаются рентгеновски аморфными. Подвергая полученные аморфные ленты изгибу контактной или свободной поверхностью ленты наружу, было установлено, что их охрупчивание начиналось с контактной стороны, как в лабораторных условиях, так и для промышленных составов [11]. При этом разница в толщине ленты при охрупчивании контактной и свободной сторон составляла  $\sim 8 \div 10$  мкм, что находится далеко за пределами ошибки измерения.

Результаты лабораторных исследований (рис.1), показали, что ленты, полученные на медном барабане, начинают охрупчиваться с толщины  $\sim 30 \pm 1,5$  мкм (контактная) и  $\sim 40 \pm 1,5$  мкм (свободная) независимо от того, при помощи какого лентосъёмника они отделяются от барабана. При толщине  $\sim 45 \pm 1,5$  мкм уже не имеет значения, какой стороной наружу изгибали ленту – разрушение идёт одинаково хрупко. Ленты, полученные на стальном (нержавеющая сталь) барабане и отделённые от его поверхности фторопластовым или стальным лентосъёмником, начинали охрупчиваться при  $\sim 19 \pm 1,5$  мкм (контактная) и  $\sim 27 \pm 1$  мкм (свободная). В толщине 32-38 мкм уже не имело значения, как осуществляется излом – разрушение было полностью хрупким (см.рис.1а)

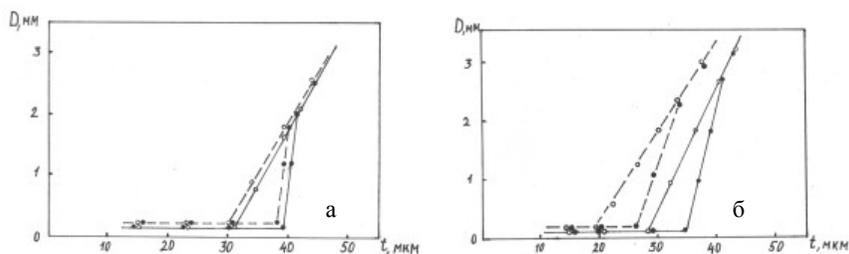


Рис.1. Зависимость диаметра  $D$  излома аморфной ленты сплава  $Fe_{83}B_{17}$  от ее толщины: а) со стальным или фторопластовым лентосъёмником; б) с медным лентосъёмником длиной 40 мм (“—” для барабана из меди; “- - -” барабана из нержавеющей стали; “●” – свободная, “○” – контактная сторона ленты наружу).

Установка медного лентосъёмника длиной 40мм и заданной кривизны [12] изменяла условия охрупчивания лент, полученных на нержавеющей барабане (см.рис.2б). Контактная сторона начинала охрупчиваться уже при  $\sim 30 \pm 1,5$  мкм, а свободная – при  $\sim 40 \pm 1,5$  мкм. При увеличении толщины ленты свыше  $\sim 42 \pm 1,5$  мкм направление изгиба также не имело значения. Сочетание медного лентосъёмника с медным барабаном не оказало существенного влияния на параметры (толщину) охрупчивания ленты, оставляя их практически неизменными (см. рис.1а).

Результаты измерений охрупчивания лент сплавов  $Fe_{82}Si_{12}B_4C_2$  и  $Fe_{72}Cr_{11}Si_{14}B_3$ , полученных в промышленных условиях показали, что свободная поверхность аморфных лент сплава  $Fe_{82}Si_{12}B_4C_2$  начинает охрупчиваться при толщине  $\sim 45$  мкм, а контактная – при  $\sim 36-37$  мкм, а для сплава  $Fe_{72}Cr_{11}Si_{14}B_3$  эти значения для свободной и контактной сторон составляли  $35 \pm 2$  мкм и  $28 \pm 2$  мкм соответственно (см. рис.2). Исследованные ленты имели ширину  $50 \pm 1$  мм и были получены на промышленной установке типа «Сириус» с разливаемым объёмом металла до 50 кг за рабочий цикл на поверхность водоохлаждаемого бронзового барабана диаметром 820 мм с фиксированной точкой съёма ленты.

Результаты этих экспериментов показали с одной стороны идентичность в характере охрупчивания ленты, полученной в лабораторных и промышленных условиях (первоначально контактная сторона), а с другой – дают основание рассматривать лентосъёмник заданной конфигурации в качестве дополнительного участка охлаждения. Охрупчивание ленты с контактной стороны можно объяснить, исходя из предложенного механизма её образования [3,11,13], когда теплоотвод (в том числе и от свободной поверхности) осуществляется через контактную поверхность. При достижении лентой некоторой критической толщины (зависящей от состава сплава) контактные слои не успевают охладиться ниже температуры охрупчивания. Относительно влияния материала лентосъёмника предположить, что при скольжении ленты по его поверхности происходит определённый тепловой контакт, в результате которого лента дополнительно охлаждается. Условием такого охлаждения может быть высокая теплопроводность материала лентосъёмника и его определённая кривизна, от которой зависит этот контакт и сила трения, препятствующая движению ленты.

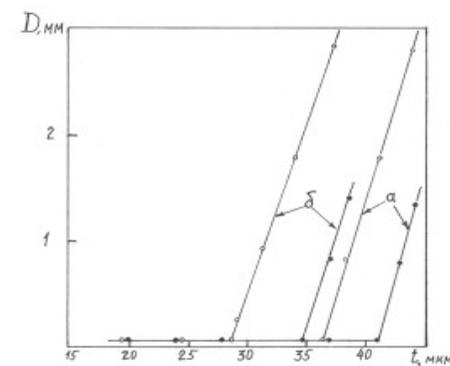


Рис.2. Зависимость диаметра излома  $D$  аморфной ленты сплавов  $Fe_{82}Si_{12}B_4C_2$  (а) и  $Fe_{72}Cr_{11}Si_{14}B_3$  (б) от ее толщины. Изгиб контактной (○) или свободной (●) поверхностью ленты наружу.

Покинув поверхность лентосъёмника, лента вступает в двухсторонний контакт с окружающей газовой (преимущественно воздушной) средой и на протяжении 4-х и более метров находится в свободном полёте (в отсутствие смоточного устройства) со скоростью не менее 20 м/с. Взаимодействие ленты с воздушным потоком после схода с лентосъёмника сопровождается её волнообразными колебаниями в лабораторных и промышленных условиях, независимо от схемы подачи на барабан расплава, его количества, геометрических размеров ленты и состава разливаемого сплава (см. рис.3).

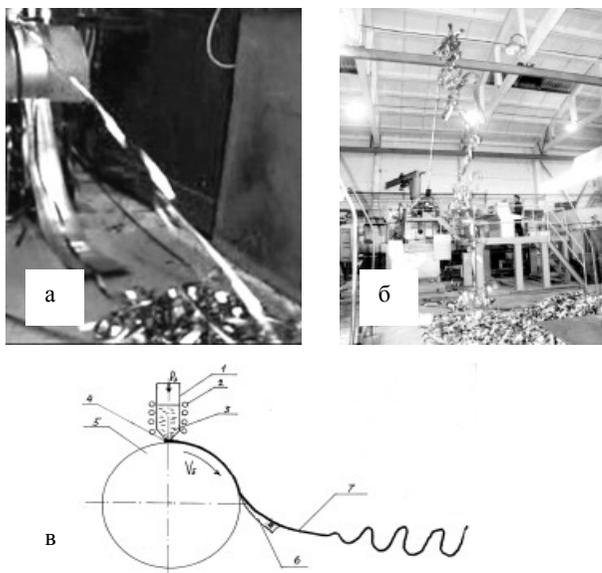


Рис.3 Фотографии колебания ленты (а, б) на установках различной производительности и схема колеблющейся ленты (в): 1-тигель; 2-индукционный нагреватель; 3-расплав; 4-жидкая лужица; 5-закалочный барабан; 6-лентосъёмник; 7-лента.

Такие колебания – следствие образования знакопеременных вихрей, возникающих по сторонам бесконечной пластины, обдуваемой турбулентным потоком [14,15], называемых «дорожкой Кармана» (см. рис.4). Поскольку толщина ленты и её жёсткость достаточно малы, то она начинает изгибаться, стремясь повторить расположение этих вихрей. Такое поведение ленты можно рассматривать как экспериментальное доказательство турбулентного характера течения воздуха вокруг летящей ленты. Совершая периодические колебания в полёте, лента укладывается на пол, сохраняя характер колебаний (рис.3 а, б).

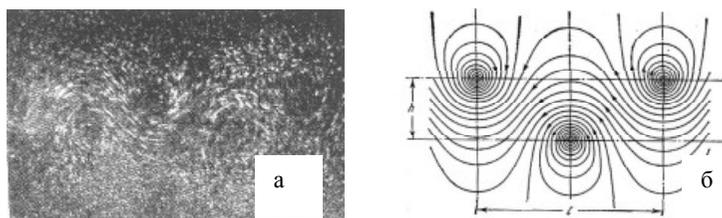


Рис.4 Вихревая дорожка Кармана(а) и ее схематическое изображение(б): l- расстояние между вихрями одного знака; h-толщина дорожки.

Предполагая достаточно интенсивное охлаждение летящей ленты в результате турбулентного характера взаимодействия с воздухом [3], что изучали в лабораторных условиях на лентах сплава Sendust, поскольку их температура схода с барабана была достаточно высока (850-950<sup>0</sup>С), что облегчало количественную оценку. Схема такого опыта представлена на рис.5, в котором конечную температуру ленты оценивали по вскипанию воды в специальной ёмкости, установленной на некотором расстоянии от точки схода с барабана.

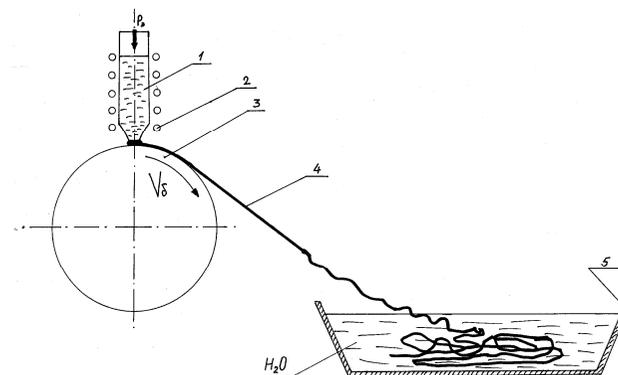


Рис 5. Схема определения скорости охлаждения для сплава Sendust в воздухе и в емкости с водой: 1-тигель с расплавом; 2-индукционный нагреватель; 3-закалочный барабан; 4-микроструктурная лента; 5-ёмкость с водой.

По известным температуре схода ленты, скорости вращения барабана и длине свободного полёта, определяли средняя скорость охлаждения при контакте с воздушной средой. При известной оптимальной скорости вращения барабана (25-30 м/с), длине свободного полёта ленты 4-5м, её окончательной температуре ~80-100<sup>0</sup>С, в зависимости от температуры схода в указанном интервале, диапазон скоростей охлаждения.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы.

Во-первых, материал и геометрия лентосъёмника позволяют дополнительно охлаждать получаемую ленту с достаточно высокой скоростью, что даёт основание рассматривать этот конструктивный элемент в качестве технологического параметра, влияющего на свойства ленты.

Во-вторых, поведение ленты после лентосъёмника характеризуется взаимодействием с турбулентным воздушным потоком, обеспечивающим скорость охлаждения  $\geq 10^3$  К/с.

В-третьих, экспериментально установлено, что после отрыва от поверхности барабана-кристаллизатора сформировавшаяся лента подвергается интенсивному дополнительному охлаждению, позволяющему увеличить критическую толщину охрупчивания аморфных лент.

## ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Заявка Японии №54-38252, МКИ В21В 1/40, 1979.
2. Заявка Японии №59-150648, МКИ В220Д 11/06.
3. Сребрянский Г.А., Стовпченко А.П., Чудная В.Л. Анализ условий формирования металлической ленты при закалке расплава на вращающемся барабане // Сучасні проблеми металургії. Дніпропетровськ: Системні технології, 2005.-том 7.-С.54-68.
4. Liebermann Н.Н. The Dependence of the Geometry of glassy alloy ribbons on chill black Melt-spinning Process Parameters //Mat. Sci. and Eng. -1980. -№43. - P.203-210.
5. Pavuna D. Production of metallic glass ribbons by the chill-black melt-spinning technique in stabilized laboratory conditions //J. Mater. Sci. – 1981. - №16. - P.2419-2433.
6. U.S. Patent №4475583, МКИ В22Д 11/06, 1984.
7. Аморфные металлы. - М.: Металлургия, 1987, 286 с.
8. Быстрозакалённые металлические сплавы. -М.:Металлургия, 1989.-С.17-19.
9. Аморфные металлические сплавы. М.: Металлургия.-1987.-584 с.
10. Стародубцев Ю.Н., Белозёров В.Я. Магнитные свойства аморфных и нанокристаллических сплавов. Екатеринбург: Изд-во УрГУ, 2002.-380с.
11. Сребрянский Г.А., Стародубцев Ю.Н. Основные принципы совершенствования технологии производства аморфной ленты // Сталь.-1991.-№9.-С.73-78.
12. Авторское свидетельство СССР №1626517, МКИ В22Д 11/06, 1990.
13. Борисов В.Т., Сребрянский Г.А. О формировании аморфной металлической ленты при закалке расплава // Изв.АН СССР. Металлы.-1984.-№4.-С.82-85.
14. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. М.: Наука, 1969.- 687с.
15. Фабрикант Н.Я. Аэродинамика. М.:Наука, 1964.- 794 с.

УДК 697.95

СУШКА ДРЕВЕСИНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
АТМОСФЕРНОГО ХОЛОДА

*В.А. Стебловцев, к.т.н., доцент, ПГАСА, Днепропетровск,  
Д.П. Лапко, студент, ДНУ, Днепропетровск*

Для производства столярных изделий, применяемых в строительстве, используется древесина с влажностью не более 13 %. Природная влажность древесины колеблется в интервале от 40% до 75% [1]. Для доведения влажности древесины до потребительских кондиций применяется сушка древесины - один из энергоёмких производственных процессов. Так, если бы сушка производилась сжиганием древесины, то треть ее объема было бы использовано в качестве топлива. Удельные затраты теплоты на сушку 1м<sup>3</sup> древесины составляют 2400 МДж.

Цель работы – разработка нового способа сушки древесины, позволяющего минимизировать энергозатраты.

В настоящее время сушка древесины производится в термических сушильных камерах. Принцип сушки следующий. Внутренний воздух нагревается в калориферах до 100 °С и выше. Воздух передает теплоту древесине, в результате чего интенсифицируется процесс испарения влаги, ассимилируемой воздухом. Удаление влаги из воздуха производится путем частичной замены отработанного воздуха наружным воздухом.

Продолжительность сушки зависит от температуры: чем выше температура воздуха, тем менее продолжительный процесс сушки.

Анализ изменения влажности древесины во времени, проведенный авторами в АО "Днепромобель", показал, что процесс сушки можно описать кривой нормального распределения:

$$T = W_{i0} * \exp \left[ -\frac{1}{2} * \left( \frac{r * t}{c} \right)^2 \right], \quad (1)$$

где  $W_{i0}$  - начальная влажность древесины, %,

$t$  – текущее значение продолжительности сушки, сут.,

$r$  и  $c$  – эмпирические параметры, зависящие от конструкции сушильной камеры и интенсивности воздухообмена в ней.

Ассимиляционная способность нагретого воздуха - вбирать в себя влагу - значительно больше возможности древесины отдавать влагу. Иногда это приводит к растрескиванию древесины и к полному "запираанию" сушки за счет образования сухой корки на поверхности древесины.

Стратификация влаги в толще древесины и, в частности, пересушивание внешней поверхности устраняется кратковременной пропаркой древесины, при которой внешние слои древесины, увлажняясь, вновь восстанавливают способность к миграции влаги из внутренних к внешним слоям.

Увлажнение является необходимым технологическим приемом, но одновременно и отрицательным фактором, увеличивающим продолжительность сушки.

Реальный и идеальный процессы сушки древесины изображены на рис.1.

На рис. 1. ломаная линия это реальный процесс сушки, плавная кривая – идеальный процесс сушки.

Продолжительность сушки с пропариванием увеличивается на период пропаривания, к тому же в камеру вносится дополнительная влага. Это неэффективно с энергетической точки зрения.

Процесс сушки определяется не столько температурным напором между воздухом и древесиной, сколько разностью парциальных давлений. Вакуумная сушка древесины в этом смысле является более эффективной. Глубина вакуума определяет интенсивность процесса испарения влаги. Однако обеспечение абсолютного давления в сушильной камере порядка 1,3÷3 кПа является трудной технической задачей.