

Технология и оборудование заготовки и переработки древесины. – Минск: Вышэйшая школа, 1991. С. 19-24.

3. Мартыненко М. Д., Довгялло И. Г. Расчет продольно-колеблющихся многоступенчатых стержней. В сб. докладов II Всес. семинара "Прочность материалов и элементов конструкций при звуковых и ультразвуковых частотах нагружения. – Киев: Наукова думка, 1980. С. 374-379.
4. Немцов В. Б., Долбин Н. А., Царук Ф. Ф., Довгялло И. Г., Кондеев Ю. Н. К расчету напряженного состояния пластин, колеблющихся на низких ультразвуковых и звуковых частотах // Теоретическая и прикладная механика. Вып. 16. – Минск: Вышэйшая школа, 1989. С. 113-117.

УДК 621.785.532

И. Г. Довгялло, доц.;  
А. И. Сурус, асс.;  
С. Е. Бельский, доц.

### **ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ ПРИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОМ АЗОТИРОВАНИИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ УПРОЧНЕННОГО СЛОЯ**

Influence of mechanical vibrations under low-temperature nitriding on the characteristics of hardening layer of steels of various levels of alloying is examined.

Одним из путей повышения надежности машин по определенным показателям является использование упрочняющих технологий на стадиях изготовления и ремонта.

Применение таких технологий в отраслях, где проблематичны вопросы усталостной прочности, износо- и коррозионной стойкости, дает большой экономический эффект, который может быть непосредственно связан как с увеличением ресурса работы машин и механизмов, так и с возможностью замены материалов на менее дефицитные и более дешевые.

Для машин и механизмов лесной промышленности в силу специфических условий их эксплуатации эти вопросы являются наиболее актуальными.

На кафедре деталей машин и ПТУ БГТУ проводятся исследования с целью разработки эффективных методов поверхностного упрочнения сложнонагруженных деталей машин путем диффузионного на-

сыщения материалов легирующими элементами с использованием энергии высокочастотных механических колебаний.

Выявлено, что применение высокочастотных колебаний при низкотемпературном жидкостном азотировании позволяет существенно интенсифицировать процесс насыщения за счет воздействия на химическую активность насыщающего расплава азотсодержащих солей [1] и различные стадии процесса. При этом увеличиваются глубина упрочненного слоя, повышается износостойкость и усталостная прочность деталей [2].

Для оптимизации технологического процесса диффузионного насыщения исследовано влияние механических колебаний, вводимых в расплав, и времени обработки на образование и свойства упрочненного слоя сталей различной степени легирования.

В качестве показателей, характеризующих свойства упрочненного слоя, определялись его твердость, глубина и величина износа.

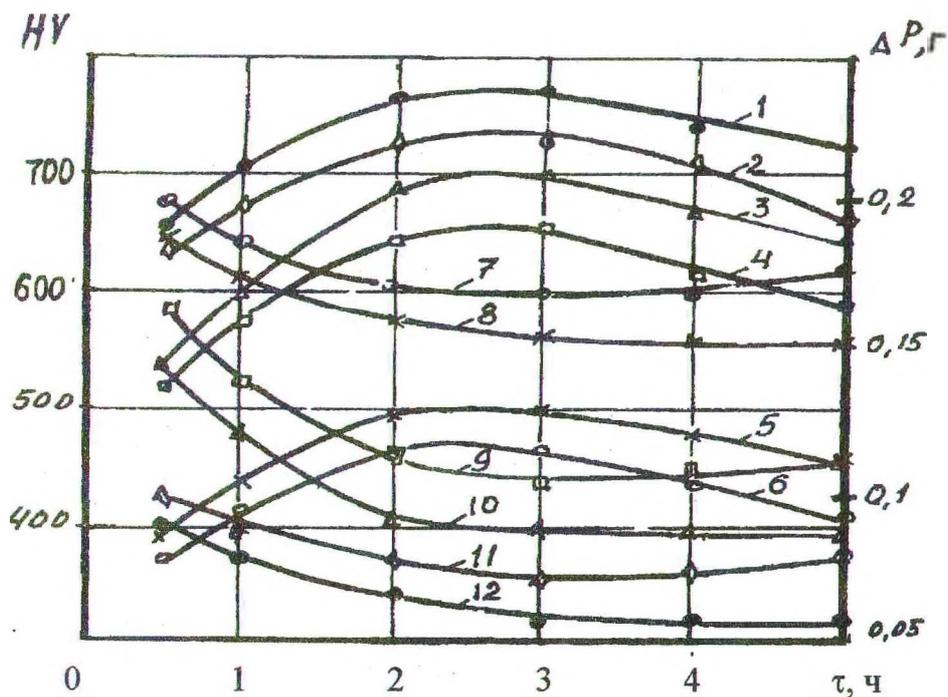


Рис. 1. Зависимость поверхностной твердости (1-6) и износа образцов (7-12) от времени и схемы упрочнения:

1, 2, 11, 12- сталь 38ХМЮА; 3, 4, 9, 10 - сталь 40Х; 5, 6, 7, 8 - сталь 45; 1, 3, 5, 8, 10, 12 - с использованием колебаний; 2, 4, 6, 7, 9, 11 - в обычных условиях

Механические колебания частотой 18 кГц вводились в расплав с помощью концентратора грибкового типа, рассчитанного по методике [3] и являющегося составной частью общей резонансной колебательной системы.

Зависимость поверхностной твердости, определенной по Виккерсу, (нагрузка 50 Н) и потери массы образца при трении скольжения от схемы и времени обработки при температуре 570°C представлена на рис. 1.

Как видно из полученных данных, при обработке в обычных условиях максимальная твердость достигается за 2-3 часа и составляет 450-460 HV для стали 45, 650-660 HV для стали 40X и 710-730 HV для стали 38ХМЮА. При большей продолжительности процесса твердость снижается, очевидно, вследствие коагуляции карбонитридов в поверхностном слое.

Использование знакопеременных колебаний обеспечивает дополнительное повышение твердости во всем исследуемом временном диапазоне. Следует отметить, что применение колебаний снижает негативное влияние превышения оптимального времени насыщения, отмеченного при ведении процесса без них.

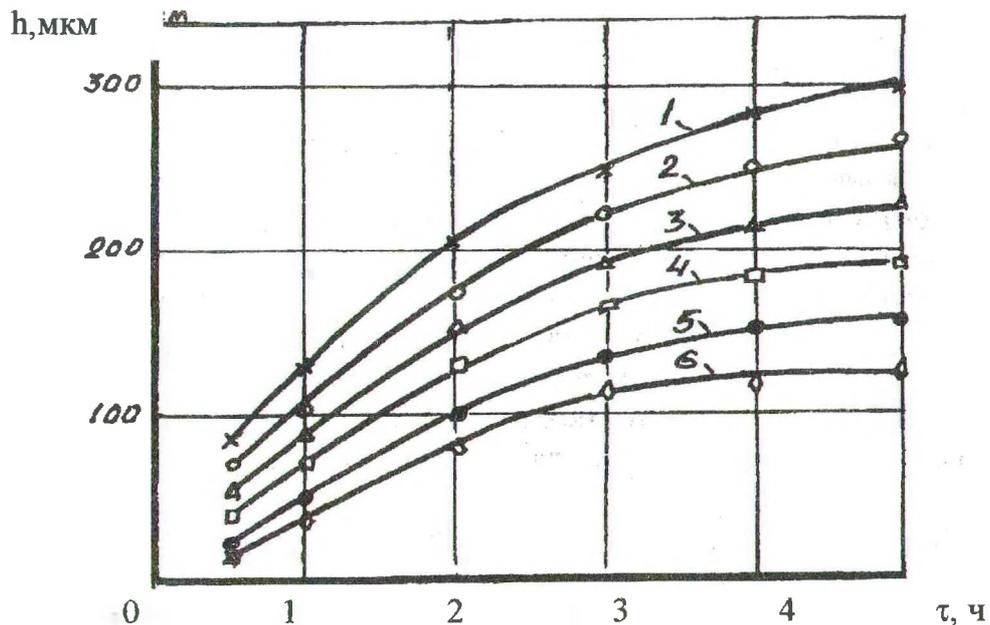


Рис. 2. Зависимость толщины упрочненного слоя от времени и схемы упрочнения:

1, 2 - сталь 45; 2, 3 - сталь 40X; 5, 6 - сталь 38ХМЮА; 1, 3, 5 - с использованием колебаний; 2, 4, 6 - без колебаний

Легирование стали при всех режимах и схемах обработки способствует повышению твердости сталей. Так, максимальная поверхностная твердость при использовании колебаний, вводимых в расплав на сталях 40X и 38ХМЮА, выше аналогичных показателей, полученных на стали 45. Применение колебаний примерно в равной степени повышает поверхностную твердость исследуемых материалов.

С увеличением времени обработки на всех сталях наблюдается рост общей толщины упрочненного слоя (рис. 2). Зависимость глубины слоя от времени подчиняется параболическому закону.

Наличие легирующих элементов в стали уменьшает глубину диффузионного слоя. Так, при обработке стали 45 в течение 1,5-3 часа без использования колебаний толщина слоя составляет 170-220 мкм и 120-180 мкм на стали 40X. Еще медленнее проходит нарастание толщины слоя на стали 38ХМЮА. С увеличением времени обработки свыше 3 часов рост слоя резко замедляется.

Применение колебаний способствовало повышению толщины упрочненного слоя на всех исследуемых сталях. Характерным является и то, что для легированных сталей увеличение толщины слоя наблюдается и при более длительной их обработке, что может быть объяснено интенсификацией процессов в расплаве, активацией упрочняемой поверхности и ускорением диффузии в стали. Таким образом, использование механических колебаний расширяет возможности обработки высоколегированных сталей.

Как видно из приведенных данных (рис. 1), использование энергии колебаний существенно повышает износостойкость слоя для всех исследуемых материалов. При времени обработки от 1,5 до 3 часов это различие максимально и объясняется в первую очередь интенсификацией с помощью колебаний процессов в расплаве, адсорбцией активных атомов азота и углерода, диффузии их в стали. Формирование как поверхностного диффузионного, так и нитрокарбидного слоев также происходит значительно интенсивнее, о чем свидетельствуют результаты исследований микроструктур и микротвердости поверхностного слоя.

При времени обработки более 3 часов это различие сокращается. Очевидно, при такой выдержке завершается формирование упрочненных слоев при обработке по всем рассматриваемым вариантам.

Следует отметить хорошую корреляцию (при выдержке до 3 часов) результатов оценки износа с проведенными ранее исследованиями по содержанию азота в поверхностном слое и распределению микротвердости.

Некоторое повышение потери веса с увеличением времени обработки от 3 до 5 часов образцов, упрочненных без использования колебаний, объясняется в первую очередь тем, что в нитрокарбидном слое уже после 3-часовой выдержки в расплаве появляются поры, слой становится более грубым и шероховатым. Очевидно, что такой слой при определенных условиях испытаний склонен к выкрашиванию некоторых участков, а отделенные в результате этого крупные карбиды и нитриды могут играть роль абразива в зоне трения.

Применение колебаний в процессе обработки в течение этого же времени (3-5 часов) приводит к повышению износостойкости. Это, по нашему мнению, связано с интенсификацией диффузии азота и углерода в стали и образованием большого числа мелкодисперсных карбонитридов. При этом предотвращается их коагуляция.

Хотя повышение твердости поверхности в процессе упрочнения не всегда адекватно сопровождается увеличением износостойкости, в данном случае стали 40X и 38ХМЮА имеют более высокую износостойкость, чем сталь 45.

Более подробные исследования износостойкости стали 40X показывают, что кинетические кривые износа образцов, обработанных по разным схемам, вполне отражают общепринятые представления и зависимости, получаемые при эксплуатации многих деталей машин, работающих в условиях интенсивного истирания.

Таким образом, использование высокочастотных колебаний при низкотемпературном азотировании существенно улучшает эксплуатационные свойства рассматриваемых материалов, что может способствовать повышению ресурса деталей машин, работающих в сложных условиях нагружения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сурус А. И., Урбанек Ж. М., Пуровская И. И., Ольшевский А. Ф. Влияние частоты механических колебаний на содержание компонентов в расплаве азотсодержащих солей и диффузию азота в сталь при ХТО // Труды БГТУ. Вып. 2. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. - Мн., 1994. С.158-161.
2. Сурус А. И., Пыжик А. И., Боровский П. В. Повышение усталостной долговечности деталей лесных машин путем поверхностного упрочнения // Труды БГТУ. Вып. 6. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. - Мн., 1998. С.141-145.

3. Северденко В. П., Степаненко А. В., Хан Дык Ким, Довгялло И. Г. О расчете волновода с преобразованием направления колебаний // Прикладная механика. Т.16, № 5. -М., 1980. С.137-140.

УДК 66905.054.79

А. Н. Кизимов, аспирант

### **АНАЛИЗ ОБРАЗОВАНИЯ ОСНОВНЫХ МЕТАЛЛОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ ГОМЕЛЬСКОГО РЕГИОНА И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**

The analysis of accumulation and development of technology of recycling of the rests of machine-building factories based on their bricketing with binding and technological additives.

Ресурсосберегающие тенденции современной экономики ставят на первый план вопросы рециклирования и комплексной переработки сырья и становления на этой основе безотходных производств. Развитие таких технологий может, кроме прямой экономической выгоды сегодня, существенно снизить в дальнейшем отрицательное воздействие отходов на окружающую среду. В первую очередь эти вопросы затрагивают материалоемкие и энергоёмкие производства, в частности литейное.

Республика Беларусь ежегодно вынуждена закупать за рубежом для литейных цехов машиностроительных предприятий около 200-250 тыс. т. свежих шихтовых материалов стоимостью в среднем 150 долларов за тонну. В тоже время большое количество отходов, содержащих металлы в окисленном или частично окисленном виде, не используются или используются неэффективно, а накапливаются на заводах или в отвалах. К таким отходам относятся чугунная стружка, отходы чугунной дроби ("колотая" дробь) от дробеметных камер и барабанов, окалина после очистки деталей, прошедших термообработку, металлизированная пыль от обдирочных станков и электродуговых печей, а также металлизированные шламы от шлифовальных станков, гальванических производств, содержащие хром, никель, медь и др., уровень использования которых не превышает 5%.

Анализ объемов образования основных металлосодержащих отходов по 6-ти крупнейшим металлообрабатывающим заводам г. Гомеля показал, что при объеме выпуска за 1997 г. готовой продукции из черных сплавов в количестве 15380,4 т металлосодержащие отходы составили 1438,8 т, или 1% (см. табл.).