

Феликс Иванович РУЗАНОВ

Институт машиноведения АН СССР, Москва, СССР

О ПРОБЛЕМЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЛНОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ
ПО ОБРАБОТКЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ
РЕСУРСА МАШИН

Резюме. В работе представлена проблема, связанная с вибрационными явлениями, происходящими во время транспортировки жидкой и газообразной среды в закрытом и открытом видах. Утверждается, что в зависимости от характера колебаний могут происходить различные явления, благоприятные или неблагоприятные для перемещения транспортируемой среды. Особое влияние здесь имеет явление сильного нелинейного резонанса, который можно использовать для обработки рабочих поверхностей элементов машин, а особенно для их очистки и покрытия соответствующими средами.

Исследования, проведенные в Институте машиноведения АН СССР показали возможность очень сильного укрепления так обрабатываемых поверхностей, что имеет решающее влияние на защиту их от коррозии и эрозии. Проведенные исследования показали так же рост пределов усталости этих элементов.

По мнению автора, представленная технология обработки поверхностей конкурентно способна относительно иных современных методов обработки поверхностей, например, лазерной обработки, хотя бы по экономическим соображениям.

Как известно, вибрационные машины широко используются в различных отраслях техники: в строительстве, в горнодобывающей промышленности, в металлургии и т.п. Вибротехника является достаточно хорошо разработанной областью техники, основанной на теории линейных и нелинейных колебаний механических систем.

Однако, в последние годы стремление использовать традиционную вибротехнику непосредственно с целью интенсификации ряда технологических процессов, особенно связанных с обработкой и транспортом газо-жидкостных сред, не всегда приводило к желаемым результатам, а иногда и к отрицательным. Одна из главных причин заключается в том, что основы традиционной вибротехники разработаны без должного учёта свойств обрабатываемой среды. Что касается ультразвуковой технологии, её широкое использование в технике, к сожалению, в большинстве случаев задерживается из-за очень больших энергетических затрат и также невозможности обрабатывать большие объёмы сред.

В связи с этим в ИМАН СССР была начата разработка теории колебаний многофазовых систем, являющийся научной основой так называемой волновой технологии.

Волновая технология многофазных систем основана на конкретных нелинейных колебательных и волновых эффектах, установленных при разработке теории колебаний многофазных систем, представляющих собою различные жидкости с газовым и твёрдыми включениями. Многофазная среда может находиться либо в замкнутом объёме (реакторе), либо двигаться с определённой скоростью, например, в трубопроводе.

В зависимости от характера движений многофазных сред, возможно появление различных типов волновых или колебательных режимов (эффектов). Например, было найдено существование при определённых условиях в многофазной системе резонансных режимов периодических движений твёрдых и газовых включений в колеблющейся многофазной среде. Такое движение приводит к бурному перемешиванию среды, которое в свою очередь, сопровождается кавитационными процессами и повышением гидростатического и гидродинамического давлений.

Таким образом, обнаружено существование мощных нелинейных резонансных волн в многофазных средах, позволяющих управлять протеканием различных типов технологических процессов. В многофазных средах найдены также и другие типы движений, позволяющих также на разделение сред, локализование фаз, транспортировку жидкостей. Здесь кратко остановимся лишь на некоторых приложениях резонансного эффекта периодических движений многофазных сред при обработке поверхностей с целью повышения ресурса машин.

Волновая технология может быть успешно использована при обработке поверхностей, в частности при очистке после механической обработки или ремонта, при покрытии поверхностей (против коррозии и эрозии), а также при термической обработке деталей машин и механизмов.

Основываясь на волновой технологии могут создаваться специальные типы машин-аппаратов и установок, обладающие высокой эффективностью и очень малыми энергетическими затратами. Выполненные эксперименты показали, что волновые машины превышают по производительности существующие аналогичные машины в десятки раз, при одновременном уменьшении энергозатрат на порядок и более раз. Это объясняется тем, что мощные нелинейные волны в многофазных средах ускоряют физико-химические превращения, в частности, растворение и разрушение грязи на поверхности, диффузию и т.п. Эти технологические эффекты многократно интенсифицируют процессы очистки, покрытия и активизацию поверхности конструкции. Как известно, ультразвуковые методы в ряде случаев позволяют выполнять то же самое, но при очень больших энергетических затратах, что делает их использование нецелесообразным. Волновая технология имеет более широкий круг возможностей, причём, как было уже сказано, при многократном уменьшении энергозатрат. На волновых принципах могут создаваться новые типы машин-аппаратов и автоматических линий в машиностроении по обработке поверхностей.

Кроме того, волновые процессы в многофазных средах более 10 раз ускоряют тепломассообменные процессы. Например, недавно в ИМАН СССР совместно со специалистами в области физики твёрдого тела было установлено явление аномального увеличения (10-15 раз) коэффициента теплоотдачи при охлаждении стальных изделий в двухфазной среде. Это явление было положено в основу получения вы-

сокопрочных материалов и также сжимающих напряжений при термической обработке деталей машин и механизмов с целью повышения ресурса машин.

Это явление, в свою очередь, привело к установлению эффекта "сверхпрочнения" стальных изделий при резком охлаждении за счёт многократного увеличения коэффициента теплоотдачи при термической обработке. Причём, здесь появляется возможность достижения максимальных коэффициентов теплоотдачи при минимальных энергозатратах внешнего источника. Действительно, при интенсивном струйном охлаждении от высоких температур стальных образцов коэффициент теплоотдачи достигает значений $6960-9280 \text{ Вт/м}^2 \text{ К}$ при давлении $0,8 \text{ МПа}$ (около 8 атм.).

Были проведены расчёты энергетических затрат, которые необходимы для достижения значений коэффициентов теплоотдачи $9000 \text{ Вт/м}^2 \text{ К}$ путём струйного охлаждения и путём использования волновой технологии. Оказалось, что энергетические затраты при струйном охлаждении на порядок выше. Это связано с необходимостью поддержания достаточно высокого давления и перекачки жидкости насосом, а также малая эффективность струй по сравнению с пульсирующими дискретно расположенными пузырьками в охлаждающей жидкой среде.

Использование этого явления особенно эффективно при получении сжимающих напряжений стальных изделий при их термической обработке, приводящих к повышению усталостной прочности машин, тем самым к существенному увеличению долговечности и ресурса машин.

Как известно, в настоящее время большие надежды возлагают на разработку методов упрочняющей технологии с использованием лазерной техники. Не обсуждая преимущества и недостатки лазерной упрочняющей технологии, здесь лишь отметим, что волновая технология по своим возможностям во многом может не только не уступать, а существенно превосходить лазерную технологию. Например, по своим возможностям упрочнять детали сложной конструкции, различных габаритов, при достаточно малых энергетических затратах. В ряде случаев, по-видимому, может появиться необходимость в разработке комбинированных методов упрочняющей технологии: лазерной и волновой.

Волновая технология в машиностроении только начинает развиваться, отдельные результаты показывают её перспективность, приложение её весьма разнообразно. Успешное развитие и внедрение волновой технологии в народное хозяйство в первую очередь обуславливает необходимость создания так называемого волнового машиностроения, научные основы которого уже заложены.

WYKORZYSTANIE TECHNOLOGII WIBRACYJNEJ W OBROBCE POWIERZCHNIOWEJ JAKO ZWIĘKSZAJĄCEJ TRWAŁOŚĆ ELEMENTÓW MASZYN

S t r e s z c z e n i e

W pracy przedstawiono zagadnienia związane ze zjawiskami wibracyjnymi, zachodzącymi podczas transportu mediów ciekłych i gazowych, w obiektach zamkniętych i otwartych. Stwierdzono, że w zależności od charakteru drgań

mogą występować różne efekty, sprzyjające lub nie sprzyjające przemieszczaniu transportowanego medium. Szczególnie istotny jest tu wpływ zjawiska silnego, nieliniowego rezonansu, będący możliwym do wykorzystania przy obróbce pracujących powierzchni elementów maszyn, a zwłaszcza ich czyszczenia, bądź pokrycia odpowiednimi mediami.

Przeprowadzone badania w Instytucie Eksploatacji Maszyn AN ZSRR w Moskwie wykazały możliwość bardzo silnego umocnienia tak obrabianych powierzchni, co ma istotny wpływ na zabezpieczenie ich m.in. przed zjawiskami korozji i erozji. Przeprowadzone badania wykazały też wzrost wytrzymałości zmęczeniowej tych elementów.

Zdaniem autora przedstawiona technologia obróbki powierzchniowej jest konkurencyjna dla innych współczesnych metod obróbki powierzchniowej, jak np. obróbki laserowej, m.in. również ze względów ekonomicznych.

UTILIZATION OF VIBRATORY TECHNOLOGY IN SURFACE TREATMENT - AS THE TECHNOLOGY INCREASING SERVICE LIFE OF MACHINE ELEMENTS

S u m m a r y

Problems related to vibratory phenomena occurring during transport of liquid and gaseous media in closed and open objects have been presented in the work.

It has been found that various effects conducive or not conducive to displacing of the medium transported may occur depending on the character of vibrations. The effect of strong non-linear resonance possible to be used in a treatment of the working machine elements and in particular for their cleaning or covering with suitable media is especially important herein. The tests carried out in the Institute of Machine Exploitation of the USSR Academy of Sciences in Moscow have proved possibility of very strong hardening of so treated surfaces what has an essential influence on their protection against, among others, corrosion and erosion.

The tests carried out have also shown an increase of the fatigue strength of these elements.

In the author's opinion the surface treatment technology presented in the paper is competitive in relation to other contemporary methods of surface treatment as for example laser treatment considering also among others economic reasons.