

Развитие Технологии Ультразвуковой Сварки Ручным Инструментом

Владимир Н. Хмелев, *Senior Member*, IEEE, Алексей Н. Сливин, Алексей Д. Абрамов, Максим Е. Вакар
Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова, Бийск, Россия
ООО «Центр ультразвуковых технологий», Бийск, Россия

Аннотация – В статье представлены результаты практического применения созданных аппаратов для ультразвуковой сварки различных изделий. Показаны возможности формирования разнообразных по форме и размерам точечных и непрерывных швов за счет применения специальных сварочных окончаний. Даны рекомендации по применению разработанных ультразвуковых аппаратов в различных областях промышленности.

Ключевые слова – Колебательная система, сварка по кольцу, полимерный материал, ультразвуковая сварка.

I. ВВЕДЕНИЕ

В НАСТОЯЩЕЕ время термопластичные полимерные материалы используются для производства изделий различного назначения. Это объёмные корпусные изделия и изделия из листовых и сотовых материалов (см. Рис.1) толщиной от 1 до 10 мм, изделия из полимерных плёнок или синтетических тканей, имеющие толщину от 10 мкм до 500 мкм.

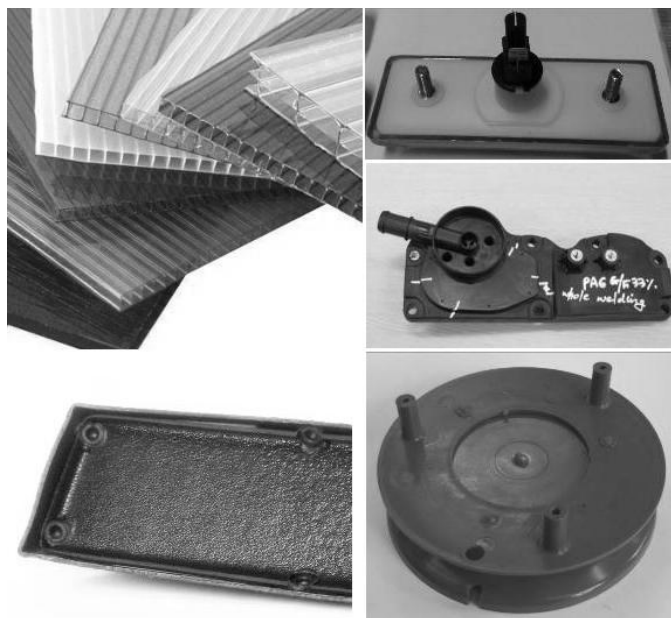


Рис. 1. Примеры изделий, формируемых применением сварки.

II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

При сборке изделий, состоящих из множества соединяемых элементов необходимо осуществлять фиксацию и сварку отдельных деталей [1] для получения неразъёмных соединений.

Одним из наиболее эффективных способов сварки полимерных материалов является сварка с применением ультразвуковых колебаний.

Поскольку на практике часто возникает необходимость формирования точечных швов в труднодоступных местах, на переходах, на участках без опор, применение каких либо средств механизации и автоматизации становится невозможным и формирование точечных сварных швов осуществляется УЗ аппаратами с применением ручных сварочных инструментов (см. Рис.2).



Рис. 2. Применение ручных сварочных инструментов для ультразвуковой сварки.

III. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Для реализации на практике сварки ручными инструментами разработаны ультразвуковые аппараты серии «Гиминей – ультра» [2] (см. Рис.3).

В разработанных ультразвуковых аппаратах практически реализованы схемные и конструктивные решения, позволяющие обеспечить максимальную эффективность ультразвукового энергетического воздействия в процессе формирования точечных сварных швов [3-4].



Рис. 3. Ультразвуковые аппараты серии «Гимней-ультра» с ручными инструментами.

При этом максимальная эффективность ультразвукового воздействия обеспечивается заданными оптимальными энергетическими параметрами процесса сварки, такими как амплитуда и частота механических колебаний сварочного инструмента, время сварки или скорость формирования сварного шва, в случае если шов формируется при перемещении ручного сварочного инструмента [5-7].

Применение в составе ручного инструмента пьезоэлектрической полуволновой колебательной системы (см. Рис.4,а) позволяет получать амплитуду излучающей поверхности (сварочного окончания) до 40-50 мкм, которой достаточно для сварки материалов толщиной от 10 мкм до 3 мм [8-9]. В ряде случаев, например при сварке материалов с высокой температурой плавления, превосходящих по толщине 3 мм, для сокращения времени сварки или снижения усилия прижима сварочного инструмента к материалам, возникает необходимость использования инструментов с увеличенной (до 70-100 мкм) амплитудой колебаний.

Для реализации процесса сварки с повышенной амплитудой колебаний разработаны и применяются двухполуволновые (см. Рис.4, б) и трехполуволновые (см. Рис.4, в) колебательные системы.

Объединение в единой конструктивной схеме полуволнового пьезопреобразователя с концентрирующей рабочей накладкой [7] позволяет увеличить амплитуду колебаний пьезоэлементов до 40-50 мкм.

Для обеспечения увеличенной амплитуды колебаний на частоте ультразвуковых колебаний 18-22 кГц применяются двухполуволновые системы, состоящие из однополуволновой системы с резонансным полуволновым концентратором, имеющим коэффициент усиления не менее 2.

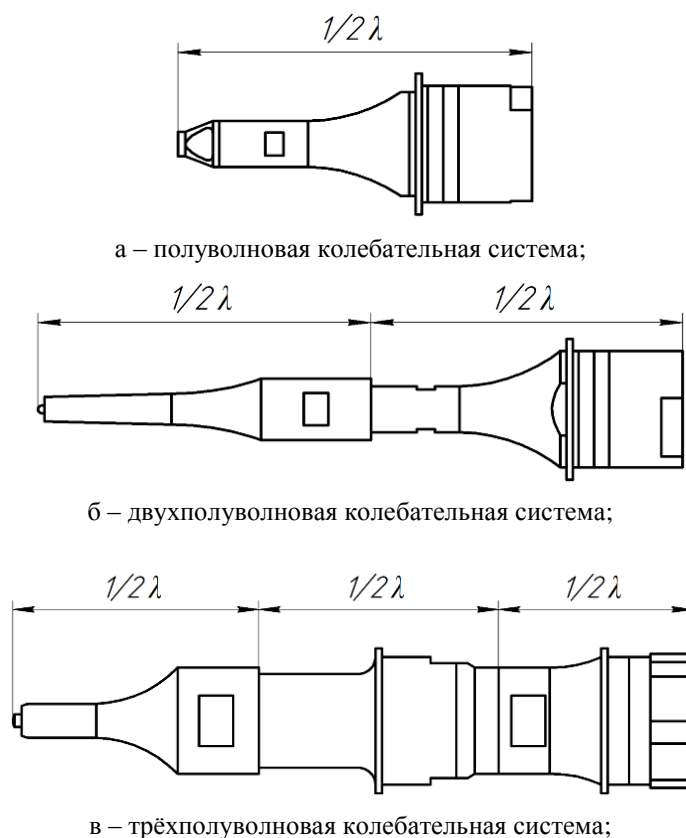


Рис. 4. Эскизы колебательных систем.

Для обеспечения амплитуды колебаний более 50 мкм на рабочих частотах 35-44 кГц используются трёхполуволновые ультразвуковые колебательные системы (см. Рис.4, в), состоящие из пьезоэлектрического преобразователя с различными по диаметру тыльной и рабочей накладками (коэффициент усиления не менее 2), усиливающего (коэффициент усиления не менее 2) бустерного звена и концентратора с рабочим окончанием заданного размера и формы (коэффициент усиления не менее 5).

При реализации ультразвуковой сварки с использованием ручных инструментов осуществляется формирование точечных, или непрерывных сварных швов. При формировании точечных сварных швов производится периодический прижим сварочного инструмента к свариваемым материалам. При этом эффективность реализации сварки определяется не только свойствами и толщинами соединяемых материалов, конструктивными особенностями изделий, но и технологией реализации процесса (усилие прижима, скорость перемещения) [10-11]. Определяющее значение имеет форма и размеры рабочего окончания сварочного инструмента, который определяет прочность формируемого сварного шва, эстетичность его внешнего вида.

Поэтому, для формирования точечных сварных швов различного размера и формы были разработаны специальные сменные сварочные окончания, показанные на Рис. 5-9.

На Рис. 5 представлены сменные рабочие окончания с плоской излучающей поверхностью, позволяющие формировать круглые и прямоугольные сварные швы.

Минимальную, но достаточную по прочности фиксацию свариваемых изделий, позволяет обеспечить точечный сварной шов, сформированный сварочными окончаниями в виде одного, или нескольких штырьков (см. Рис.6).

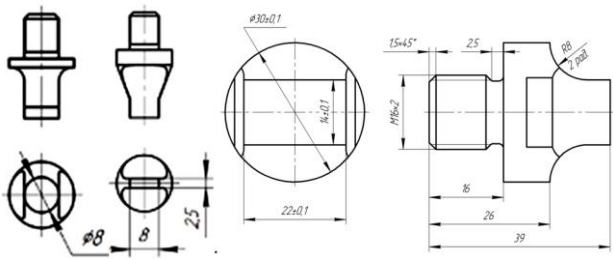


Рис. 5. Сменные рабочие окончания с плоской поверхностью круглого и прямоугольного сечения.

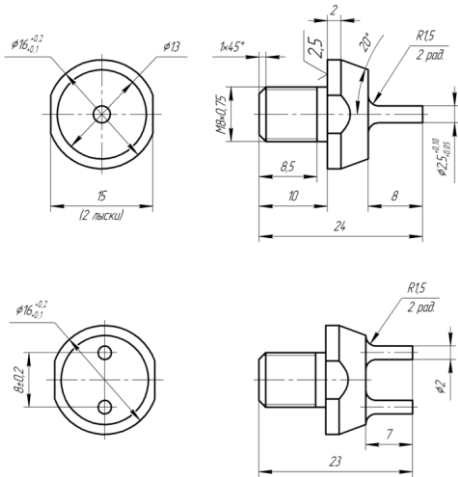


Рис. 6. Сменные рабочие окончания в форме штырьков.

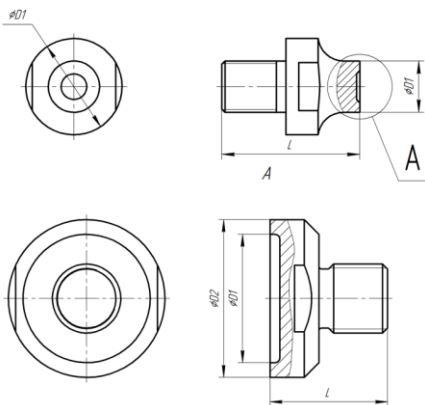


Рис. 7. Сменные рабочие окончания кольцевого типа.

Сменные рабочие окончания кольцевого типа позволяют формировать кольцевые сварные швы различного диаметра.

На Рис.8 представлены сменные рабочие окончания заклёпочного типа и окончание с прямоугольной накаткой, на Рис.9 представлены образцы точечных сварных швов заклёпочного типа на лентах из полипропилена и ПВХ. Формирование таких сварных швов позволяет осуществлять сварку конвейерной ленты из полипропилена толщиной 1,1-1,6 мм как в процессе ее изготовления, так и при ремонте.

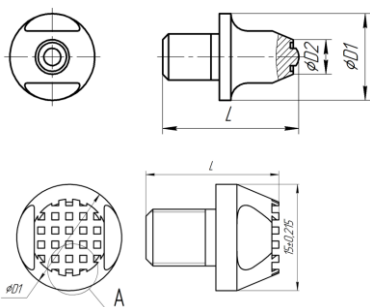


Рис. 8. Сменные рабочие окончания заклёпочного типа и с прямоугольной накаткой.

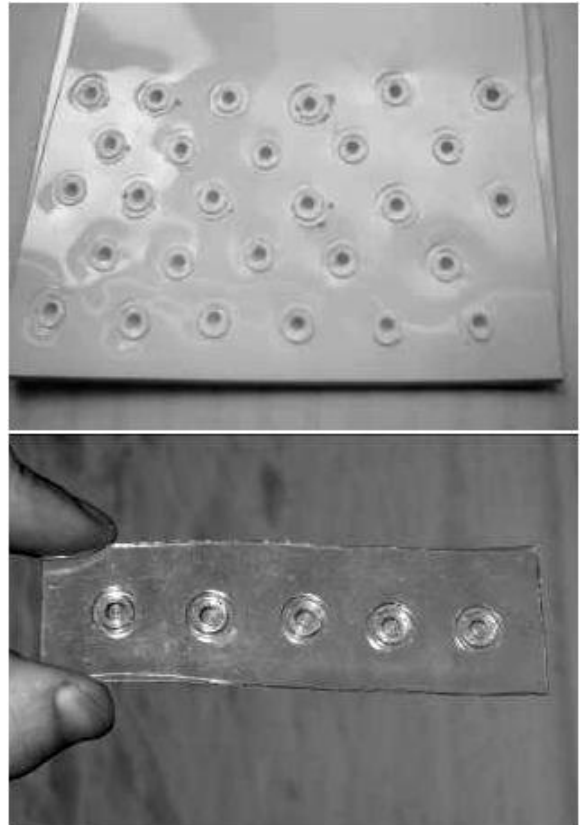


Рис. 9. Сварные швы лент из полипропилена и ПВХ.

Для формирования такого же заклёпочного соединения могут быть использованы сменные рабочие окончания полуволнового размера (резонансные окончания) с излучающей поверхностью в форме заклёпки (см. Рис.10).

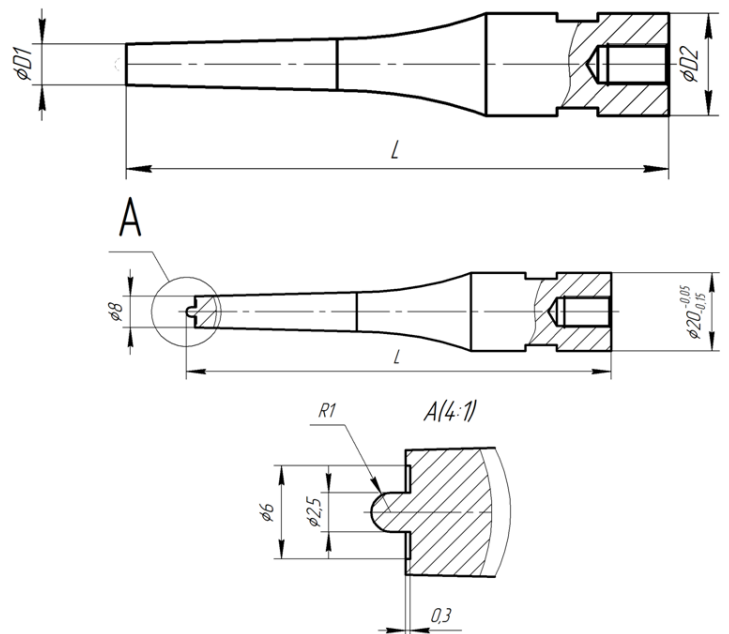


Рис. 10. Сменные рабочие окончания полуволновой длины.

Типичным примером использования таких инструментов является выполнение сварных швов заклёпочного типа при соединении лент, формирующих решетку для укрепления поверхностей (см. Рис.11).

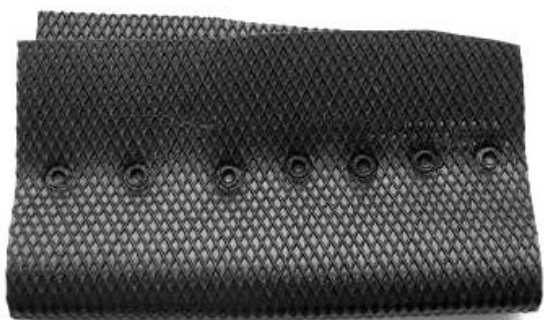


Рис. 11. Сформированные сварные швы лент георешетки.

При формировании непрерывных сварных швов необходимо осуществлять перемещение сварочного инструмента по поверхностям свариваемых материалов, либо осуществлять протягивание материала под поверхностью рабочего окончания. При перемещении сварочного инструмента осуществляется прижим к свариваемым материалам, посредством прижатия инструмента к металлической опоре, подкладываемой снизу. Опора изготавливается в виде металлической пластины, или металлической пластины с покрытием. При протягивании материалов опора может выполняться вращаемой в виде металлического ролика. Это позволяет снизить трение, повысить скорость процесса сварки, обеспечить формирование непрерывного шва, имеющего повторяющийся рельеф. При этом, для уменьшения трения и улучшения скольжения сменные рабочие окончания выполняются в виде полусферы или с закруглёнными краями (см. Рис.12).

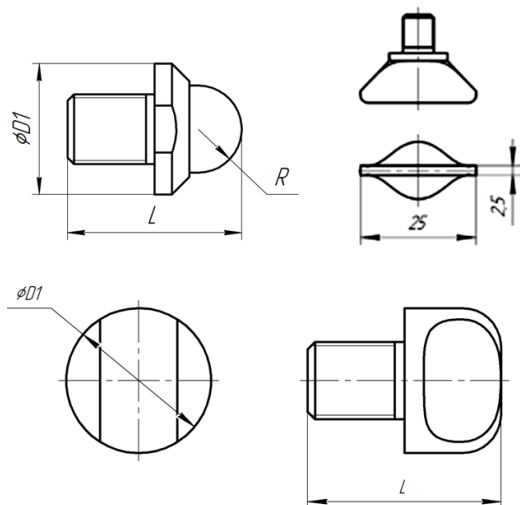


Рис. 12. Сменные рабочие окончания для формирования непрерывных швов.

Применение рабочих инструментов с рабочими окончаниями в виде лыжи или закруглённой формы (см. Рис.12) позволило обеспечить формирование швов при сварке упаковочных материалов, например при сварке фильтр пакетов, при упаковке жидких, сыпучих материалов. При этом была обеспечена сварка по загрязненным поверхностям свариваемых упаковочных материалов.

В качестве примера использования сварочных инструментов можно отметить сварку, ремонт, сборку конечных изделий, из листовых материалов (см. Рис.13).

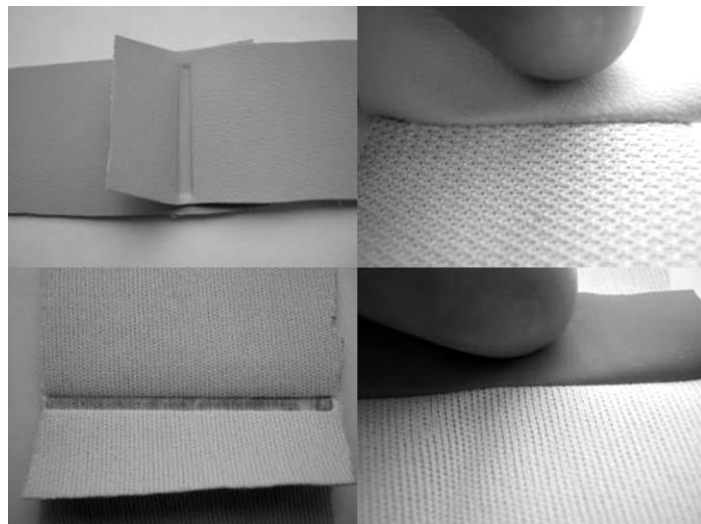


Рис. 13. Примеры протяженных сварных швов.

VI. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, для реализации различных технологий сварки изделий были разработаны и созданы ультразвуковые технологические аппараты мощностью от 100 до 400 Вт. Разработаны и практически реализованы полуволновые, двухполуволновые и трехполуволновые конструкции ультразвуковых колебательных систем со сменными рабочими окончаниями, позволяющие формировать сварные швы диаметром от 3 до 15 мм различной формы с максимальной эффективностью. Проведенные испытания созданных аппаратов с различными окончаниями рабочих инструментов позволили установить эффективность их применения и рекомендовать для практического применения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Ультразвуковая сварка термопластичных материалов: монография [Текст] / В.Н. Хмелев, А.Н. Сливин, А.Д. Абрамов, С.С. Хмельв ; под ред. В.Н. Хмелева. – Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2014. – 281 с.
- [2] Хмелев В.Н., Барсуков Р.В., Цыганок С.Н., Сливин А.Н. Развитие ультразвуковых технологий, разработка и исследование многофункциональных и специализированных ультразвуковых аппаратов. «Ползуновский альманах», №3/2000. - Барнаул: АлтГТУ, 2000. - стр .193-200.
- [3] Khmelev V.N., Barsukov R.V., Tchyanok S.N., Slivin A.N. "System of Phase-Locked-Loop Frequency Control of Ultrasonic Generators". Siberian Russian Student Workshops and Tutorials on Electron Devices and Materials EDM'2001: Workshop Proceedings. - Novosibirsk: NSTU, 2001, p. 56-57.
- [4] Хмелев, В.Н. Способ повышения качества работы ФАПЧ ультразвуковых технологических аппаратов / В.Н. Хмелев, С.Н. Цыганок, Барсуков Р.В., А.Н. Сливин, А.В. Шалунов // Измерения, автоматизация и моделирование в промышленных и научных исследованиях: межвузовский сборник. - Бийск: АлтГТУ, 2002.
- [5] Khmelev, V. N., A. N. Slivin, and A. D. Abramov, "Model of process and calculation of energy for a heat generation of a welded joint at ultrasonic welding polymeric thermoplastic materials," 2007 8th Annual International

Workshop and Tutorials on Electron Devices and Materials, EDM'07 - Proceedings 2007 8th Annual International Workshop and Tutorials on Electron Devices and Materials, EDM'07. Russian Foundation of Basic Researches (RFBR), 2007, pp. 316–322, July 2007.

- [6] Сливин, А. Н. Создание ультразвуковых аппаратов с оптимизацией энергетического воздействия для повышения эффективности сварки [Текст] / А.Н. Сливин // диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук. – Бийск: 2008. – 180 с.: ил.
- [7] Хмелев, В.Н. Повышение эффективности энергетического воздействия при ультразвуковой сварке / В.Н. Хмелев, А.Н. Сливин, А.Д. Абрамов // Научно – технический вестник Поволжья. – 2013. – № 3. – С. 278–281.
- [8] Khmelev, V.N. Development of Compact Multipurpose Ultrasonic Technological Device / V.N. Khmelev, I.I. Savin, R.V. Barsukov, A.N. Slivin, S.N. Tsyganok, E.V. Chipurin // Siberian Russian Workshops and Tutorials on Electron Devices and Materials EDM'2003: workshop Proceedings. - Novosibirsk: NSTU, 2003. - PP. 217-221.
- [9] Khmelev, V.N. Designing of ultrasonic oscillation systems for technological devices / V.N.Khmelev, A.N.Lebedev, S.N.Tsyganok, I.I.Savin, V.N.Steer, M.V.Khmelev
В сборнике: International Workshop and Tutorials on Electron Devices and Materials, EDM - Proceedings 4. Сер. "2003 Siberian Russian Workshop on Electron Devices and Materials Proceedings, EDM 2003 - 4th Annual" 2003. С. 205-209.
- [10] Khmelev, V. N., A. N. Slivin, and A. D. Abramov, "Perfecting of the Technology and Development of the Apparatuses for Ultrasonic Welding," 14th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices EDM, 2013, pp. 182–186, July 2013.
- [11] Хмелев, В.Н. Совершенствование ультразвуковой сварки и создание аппаратов для её реализации / В.Н. Хмелев, А.Н. Сливин, А.Д. Абрамов // Известия Томского политехнического университета. – 2013. – № 4. – С. 152–157.



Alexey D. Abramov has got engineer's degree on information science and measuring engineering at 2006. He is engineer in Biysk Technological Institute. He is specialist in developing of ultrasonic technological equipment for thermoplastic polymeric materials welding. His research interests are in field of ultrasonic equipment and technologies applying for ultrasonic ring welding process.



Vladimir N. Khmelev (SM'04) is deputy director for scientific and research activity at Biysk technological institute, professor and lecturer, Full Doctor of Science (ultrasound), honored inventor of Russia, laureate of Russian Government premium for achievements in science and engineering, IEEE member since 2000, IEEE Senior Member since 2004. His scientific interests are in field of application of ultrasound for an intensification of various technological processes.



Alexey N. Slivin has got engineer's degree at 1999 and Philosophy degree (Candidate of Engineering Sciences) at 2009. He is leading specialist in designing, making of electronic ultrasonic generation devices in developing of ultrasonic technological equipment for thermoplastic polymeric materials welding, laureate of Altay Region premium in the field of science and technique (2009), docent and lecturer in Biysk Technological Institute. His research interests are in field of ultrasonic equipment and technologies and in applying of high intensive ultrasonic vibrations for intensifying of technological processes and for changing of materials and substances properties and in applying of ultrasonic vibrations for welding of thermoplastic polymeric materials.