

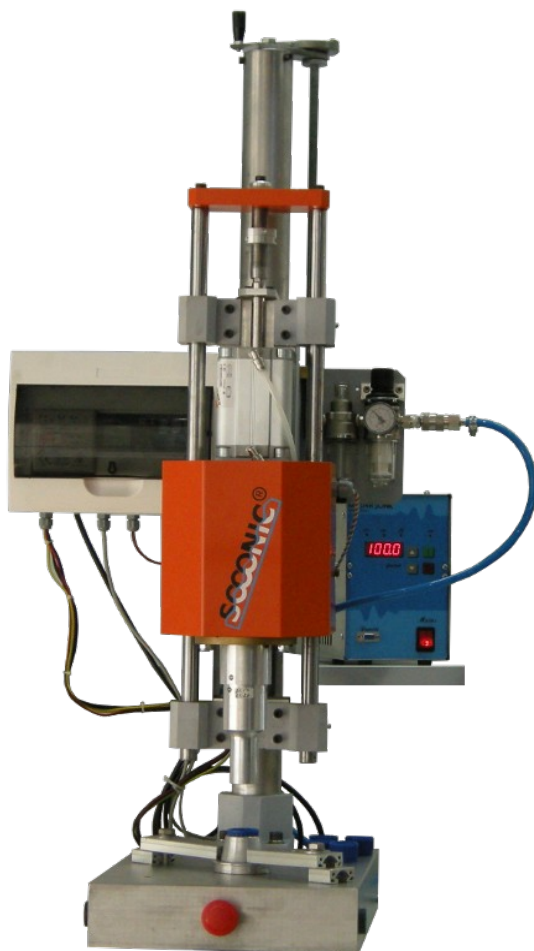
Ултразвуково заваряване на пластмасови детайли

инж. Цветан Недков
Апронекс ООД, Габрово

Резюме: Статията описва основните положения и изисквания към процеса на ултразвуково заваряване на пластмасови детайли. Разгледани са всички моменти, на които трябва да се обърне внимание при проектирането на оборудването и детайлите за ултразвуково заваряване.

версия 5
дата 12.01.2010
вс. листа. 8

1. Описание на процеса.



Ултразвуковото заваряване на термопластични шприцвани монолитни компоненти е процес, при който се използват механични вибрации с определен звуков диапазон. Вибрациите се създават от заваряващия сонотрод или инструмент, с цел да се размекне или разтопи термопластичния материал по общата линия на свързване на детайлите.

Компонентите, които се заваряват, се притискат един към друг под налягане и се подлагат на вибрации, обикновено с честота от 20 kHz до 40 kHz.

Качеството на крайния резултат от процеса на заварка зависи от начина на проектиране на оборудването, механичните свойства на материала и проекта на елементите.

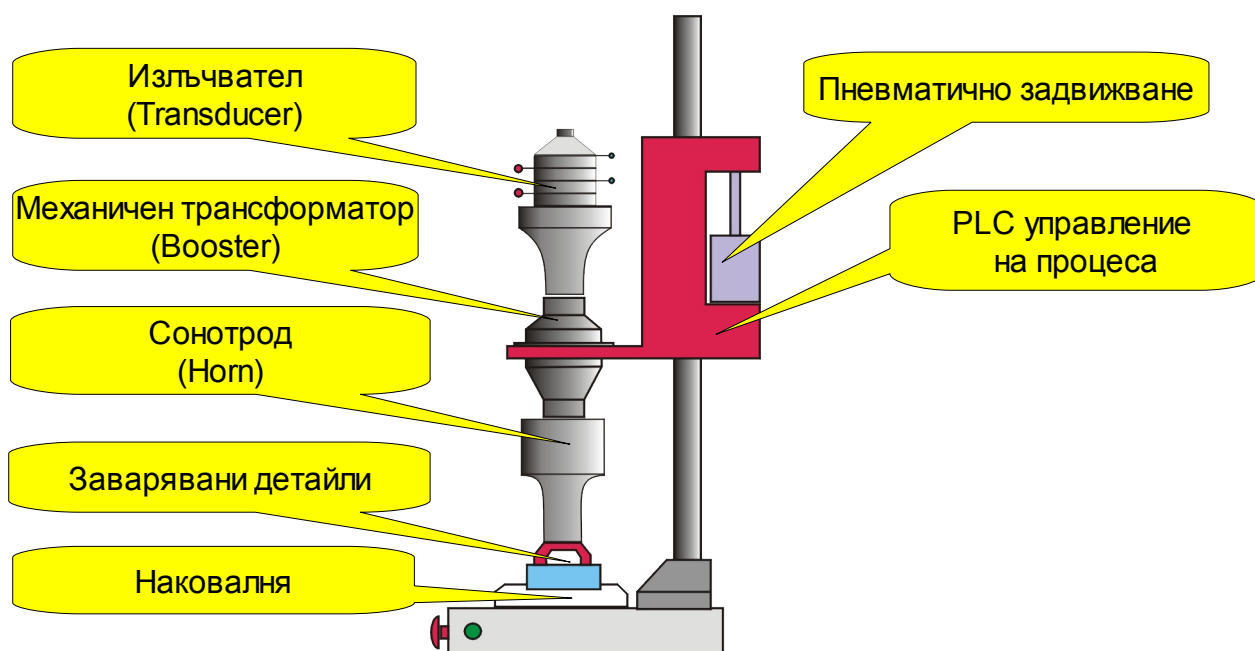
Ултразвуково заваряване е процес с висока производителност (обикновено по-малко от една секунда), което го прави идеално

приложимо в технологиите за масово производство на широка гама продукти: фарове

на автомобили, автомобилна електроника, производството на телефони, козметични опаковки, медицински консумативи и др.

2. Ултразвуково заваряващо оборудване.

Оборудването за ултразвукова заварка SOONIC® се състои от пневматична преса, генератор, ултразвуков трансдюсер (излъчвател), механичен трансформатор (бустър), сонотрод (инструмент), наковалня и управление. Схема на оборудването е показана на фигура 1:



Фиг. 1: Ултразвуково заварячно оборудване

2.1. Ултразвуков генератор

Ултразвуковият генератор преобразува електрическата енергия от захранващата мрежа, като „подава“ към ултразвуковия излъчвател енергия с подходяща честота и напрежение. Ултразвуковият излъчвател преобразува електрическата енергия в механични вибрации. PLC програмируем логически контролер управлява процеса на заваряване. В контролера и генератора може да се съхранят данните за цикъла на заваряване. В допълнение към това, потребителският интерфейс на ултразвуковия генератор позволява на оператора да въведе необходимите параметри на заваряване.



2.2 Механична част.

Ултразвуковото заваряване се осъществява от ултразвуковия инструментариум, закрепен на пневматична преса. Пневматичната преса е проектирана така, че на нея да се закрепят ултразвуковият излъчвател и приспособлението (наковалня) за закрепяне на детайлите за заваряване. Пресата се управлява от PLC контролера, като се задава процеса на заваряване. Заваръчният инструмент се движи с една скорост при спускане за заварка и с друга – транспортна – при повдигане. Чрез регулиране на налягането, се регулира натискът на инструмента по време на заварката, осигурено е и контролиране на „потъването“ на детайлите.

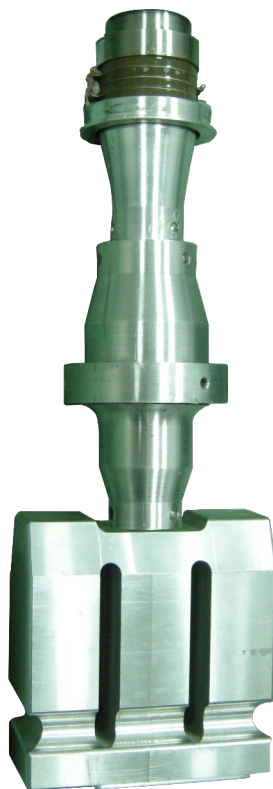
На ултразвуковата преса има монтирани датчици за положението на инструмента, както и два бутона за стартиране, разположени от двете страни на машината. Това осигурява допълнителна защита на оператора, като предпазва ръцете му от попадане под инструмента по време на работа.

2.3 Ултразвуков комплект за заваряване.

Ултразвуковият комплект е важна част от машината, чрез която се прилагат ултразвукови механични вибрации в мястото на заваряване. Комплектът се състои от три части:

- Ултразвуков излъчвател – „Transducer“;
- Междинна част – механичен трансформатор – „Buster“;
- Инструмент за заваряване – сонотрод – „Horn“.

Ултразвуковият комплект се монтира на пресата за заваряване, като захващането се осъществява в централната точка на механичния трансформатор. Ултразвуковият комплект за заваряване е комплексно настроен резонатор, така, както е настроен механичният музикален камертон. За да работи ултразвуковият заваръчен комплект, резонантната му честота трябва да е равна на честотата на захранващия ултразвуков генератор, като отклонението от следва да не надминава 30Hz.



Ултразвуковият излъчвател, известен също като конвертор (Transducer), преобразува електрическа енергия от ултразвуковия генератор в механични вибрации, използвани за процеса на заваряване. Той се състои от няколко на

брой пиезо-електрически керамични дискове, които са притиснати между две метални плочи, изработени от титан или алуминий. Между всеки от дисковете е

монтирана тънка метална пластина, която формира захранващ електрод. Чрез тези електроди от ултразвуковия генератор се подава високочестотно синусоидално напрежение към излъчвателя. Пиезо-електрическите керамични дискове се разширяват и



свиват, при което предизвикват ултразвукова вълна по оста на преобразувателя (излъчвател, transducer), като върха на вълната се движи между 15 и 20 μm от пик до пик.

Ултразвуковите излъчватели са деликатни устройства, с които трябва да се работи изключително внимателно.

Механичният трансформатор или Buster, е част от комплекта и изпълнява две функции.

Първата и основна функция на бустера е усилване на ултразвуковата амплитуда на вълните, създавани в излъчвателя и прехвърлянето им към заваряващия инструмент – сонотрода. Втората функция е да се осигури място за монтиране на комплекта към пневматичната преса за заваряване. Усилването на амплитудата на ултразвуковата вълна зависи главно от изработката на механичния трансформатор. Този елемент, както и всички останали части на ултразвуковия комплект, също трябва да е настроен на резонантна честота. По този начин ултразвуковата амплитуда, насочена към заваръчния инструмент, се усилва.

2.4 Инструмент за заваряване – сонотрод (Horn)



Инструментът за заваряване, наричан в литературата (Horn) или сонотрод, е елементът от заваръчния комплект, чрез който ултразвуковата енергия се прилага в заварявания детайл. Проектирането и изработката на сонотрода е доста сложно и е критично за постигане на успешен резултат при заваряването. Стриктно се препоръчва този инструмент да се изработва и настройва от специалисти с опит в ултразвуковото заваряване.

Инструментът за заваряване, както и механичният трансформатор, е честотно зависим елемент, който в множество от приложенията също участва в усилването на ултразвуковата амплитуда. Той се изработва от алуминий или титан. Алуминиевите инструменти за заваряване са приложими за по-ниска производителност – при средно или малко количество детайли.

Трябва да се има предвид, че ултразвуковият инструмент е натоварен на стрес, умора на материала и износване. С него трябва да се работи внимателно, съобразено с особеностите на материала. Някои заваръчни инструменти могат да бъдат допълнително уякчавани по работната повърхнина, за да се увеличи животът им и да се предпазят от износване.

Крайната ултразвукова амплитуда на работната повърхнина на сонотрода трябва да бъде между 25 и 125 μm . Величината и се избира в зависимост от материалите, които ще се заваряват. Това оказва влияние върху формата на заваръчния инструмент. При неправилна изработка се получават зони на силно претоварване или зони, в които има локално високо налягане. Това предизвиква високи нива на опън и натиск и може да доведе до умора и повреждане на инструмента – дори до механично пропукване. Друго важно условие е ултразвуковите вълни да се разпространяват по дължина на заваръчния инструмент.

2.5 Приспособление за заваряване.

За да се постави детайлът за заваряване, трябва да се изготви подходящо

приспособление, наричано наковалня. Наковалнята се проектира така, че да предотврати изместването на детайлите по време на заваряване. При проектирането се отчита натоварването от пневматичната преса и ултразвуковите вибрации на приспособлението. Най-често наковалнята се проектира и изработва така, че да има допир с детайла по контура на заваряване.

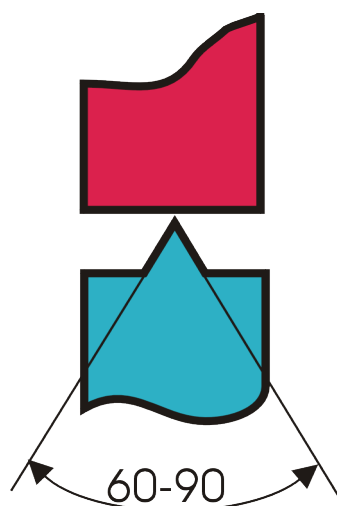
3. Проектиране на детайлите за ултразвуково заваряване.

Един от ключовите фактори за успешното и качествено заваряване с ултразвук е правилното проектиране на детайлите за заварка. За да се извърши ултразвуков монтаж, заваряваният детайл трябва да има контактна връзка на мястото, в което следва да се приложи ултразвуковата енергия. По тази причина, по време на проектирането трябва да се избере повърхнина за свързване, на която да се постави контактна връзка, за да бъдат детайлите монтирани чрез ултразвук. Изборът на начина на заваряване и изработката на повърхнината зависи от следните фактори:

- ◆ видът на термопластичния материал;
- ◆ геометрията на детайла;
- ◆ изискванията за заваряемост;
- ◆ запазване на повърхнините без нараняване.

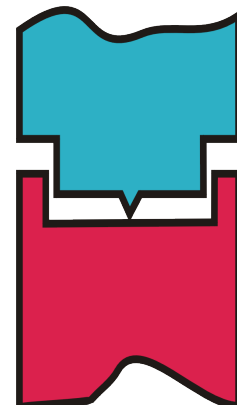
Основно изискване при проектирането на повърхнините за свързване е оформянето на първична контактна област. Това може да бъде постигнато чрез използването на акустичен прожектор, който се оформя по няколко начина.

3.1. Акустичен прожектор



Основната форма на акустичния прожектор е показана на фигурата. Формата на акустичния прожектор представлява малка триъгълна секция, шприцвана по дължина на монтажната повърхнина. Тази секция се изработва само върху единия от детайлите, които ще се заваряват един към друг. Ултразвуковата енергия се концентрира на върха на прожектора, от където започва бързо разтопяване на материала. Разтопеният материал увеличава съпротивлението си към ултразвуковите вълни и концентрира енергия за разтопяване по продължение на заваряваните повърхнини. Двата детайла се разтапят и „смесват“ в зоната на прилагане на ултразвуковата енергия. След спиране на звука, разтопеният материал изстива бързо, тъй като е загрял локално в зоната на слепване. По този начин процесът на заварка се осъществява бързо, прецизно и ефикасно.

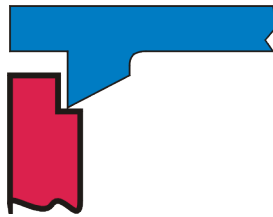
Материалът, от който са изработени детайлите за заваряване, определя до голяма степен какъв вид прожектор да се проектира, за да



се концентрира добре ултразвуковата енергия. При аморфни термопластични материали е подходящ 90° ъгъл на върха на прожектора, докато за полукристалните материали се препоръчва около 60° ъгъл. Височината на прожектора се избира от 0.2 до 1.0мм, също в зависимост от материала. Използването на акустичния прожектор за аморфни материали като ABS, Polycarbonate или Polystyrene е благоприятно за постигане на добро заваряване.

Други важни фактори, от които зависи проектирането на акустичния прожектор и повърхнината, по която се заваряват двата детайла, са: видът на цялото изделие, изискванията за херметичност, якост на заварката, начин на събиране на детайлите.

3.2. Видоизменен акустичен прожектор.



При някои приложения, стандартният акустичен прожектор може да не доведе до желаната якост на заварката. В тези случаи се използва видоизменен прожектор.

На фигурата е показан видоизменен акустичен прожектор. Връзката между детайлите се осъществява по вътрешни повърхнини, едната от които е видоизменена така, че ултразвуковата енергия да се насочи към острия връх и от там да започне разтопяването на материалите.

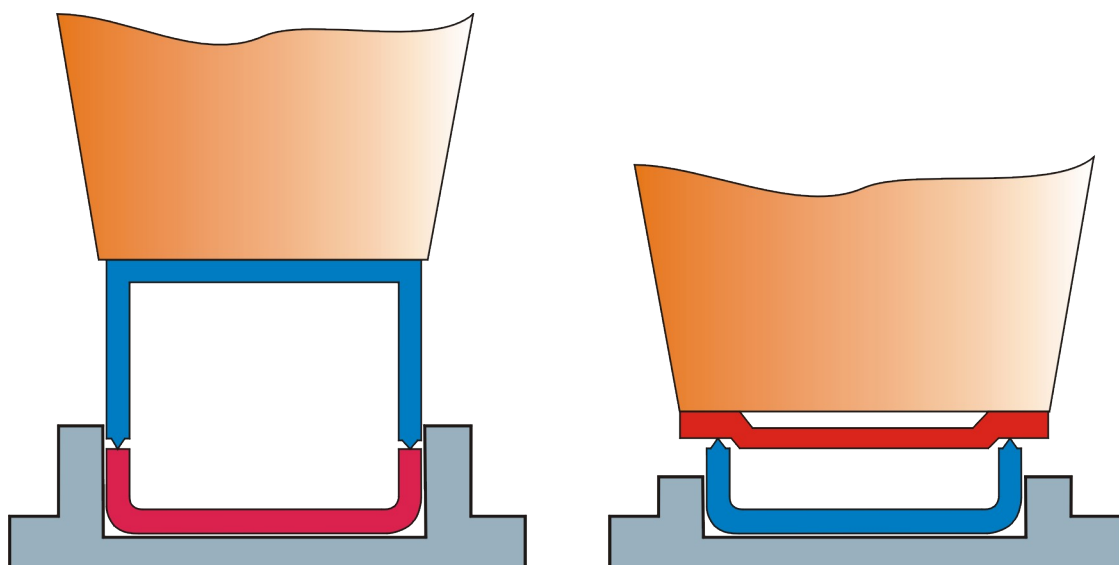
Първоначалното разтопяване по върха предизвиква интерференция и продължава по стената на двата детайла, върху които ще се извърши заварката. Това осигурява висока якост и херметичност на свързването, освен това предпазва от изтичане на разтопен материал извън детайлите. Друго важно предимство е, че към разтопения материал не постъпва въздух, което го запазва от солидификация.

Практически видоизмененият акустичен прожектор е много важен при работа с полукристални материали, които много бързо променят състоянието си от течно към твърдо. Трябва да се отбележи че това е най-правилният начин за ултразвуково заваряване на този вид материали. Разстоянието между двете повърхнини, по които ще се събират детайлите, трябва да бъде между 1 и 1.5мм, в зависимост изискванията към приложението на заварения детайл.

3.3 Други особености.

По-долу на фигурите са показани други конфигурации на заваряваните детайли, при които е обърнато внимание на избора на повърхнина за акустичния ултразвуков прожектор. Както вече отбелязахме, видът на акустичния прожектор се избира в зависимост от детайлите, тяхната форма, вида на материала, от който са изработени и изискванията за херметичност. Същите фактори оказват влияние и при избиране на детайла, върху който да се разположи прожектора – този, към който се подава ултразвуковата енергия, или приемащият.

На фигурите са показани различни варианти на начина на заваряване.



Тук особено внимание трябва да се обърне на начина на закрепване на заваряваните детайли и разстоянието от заваръчния инструмент до мястото за заваряване. При проектирането на повърхнините за ултразвуково заваряване трябва да се има предвид, че големите разстояния са приложими за ултразвуково заваряване само на твърди материали като ABS, Polymethyl Methacrylate или Polystyrene. Полукристалните материали, като Polypropylene, са лоши проводници на ултразвукова енергия, затова при този вид материали трябва да се проектира така, че мястото на заваряване да бъде възможно най-близо до заваръчния инструмент. По правило, предвиждането на по-малко разстояние между заваряващия инструмент и мястото на заварка, се препоръчва за всички видове материали. По този начин процесът става по-кратък, натискът, който е необходимо да се приложи върху заваряваните детайли, е по малък и няма опасност от деформиране. При това, детайлите могат да се проектират с минимални закръгления на стените, защото, поради краткия процес, няма опасност от загряване и концентриране на енергия в ъглите.

3.4 Параметри за ултразвуково заваряване

Съществуват редица параметри, които оказват влияние върху процеса на ултразвукова заварка. За да се постигне успешен резултат, трябва да бъдат правилно определени и избрани следните характеристики:

- ултразвукова амплитуда на повърхността на заваръчния инструмент;
- режим на заваряване;
- скорост на спускане на пресата;
- налягане върху детайла;
- време на заваряване;
- време на задръжка.

3.4.1 Амплитуда

Постигането на успешна и качествена заварка зависи от правилното определяне на ултразвуковата амплитуда на върха на заваряващия инструмент. Регулирането на амплитудата става чрез избор на подходящ механичен трансформатор и подходящо напрежение, което да се приложи върху пиезоелектричния излъчвател. Амплитудата се

избира в зависимост от материала на детайлите така, че да се получи подходяща степен на топене. Като цяло, полукристалните материали изискват повече енергия, и следователно по-висока амплитуда на върха на инструмента.

Контрол на процесите при съвременните машини за заваряване може да се постигне чрез управление на изходното захранващо напрежение. Този начин позволява амплитудата да бъде профилирана, като в началото на процеса на топене се приложи висока амплитуда, последвана от по-ниска амплитуда за контрол на вискозитета на разтопения материал.

3.4.2 Методи на заваряване

Заваряване, при което се определя само продължителността на процеса, се нарича заваряване без регулиране на амплитудата и количеството енергия. Този метод е масово използваем за дребно и едросерийно производство. Заваряването на двата детайла се определя като последователност от времена, които се задават в управляващия контролер. Времето за прилагане на ултразвукова енергия се определя от 0,2 до 2 сек.

В много редки случаи, при специални приложения, процесът може да продължи по-дълго. Този метод на заваряване се базира на презумпцията, че количеството енергия е приблизително еднакво за времето на заваряване. Новото поколение ултразвукови генератори поддържат изходната мощност така, че времето е пряко свързано с количеството енергия. При това, качеството на заваряване за всички детайли е едно и също, тъй като всички параметри на заваръчния процес е еднакви.

При масовото производство, където последователността е важна, се прилага регулиран процес, със затворена обратна връзка. Ултразвуковият генератор трябва да е от ново поколение – така всеки един елемент от процеса на заварка е контролируем.

3.5. Изводи.

Ултразвуковото заваряване е процес, в който участват много компоненти. Всеки един от тях влияе върху успешния резултат и постигане на желаното качество.

От казаното до тук следва, че прилагането на ултразвуково заваряване е ефективно при серийно производство на детайли. Това е така, защото за всеки един детайл трябва да се изработи ултразвуков заваръчен комплект, който е специфичен и не е приложим за друг вид детайли, изработени от различен материал и/или с различна форма .

Проектирането и внедряването на ултразвуково заваръчно оборудване следва да се извършва от специалисти с необходимия опит, като се отчитат всички фактори и условия, влияещи върху успешното провеждане на процеса.