

МЕТОД ЗА ОРАЗМЕРЯВАНЕ НА ЗАЛЕПЕНИ СЪЕДИНЕНИЯ

METHODOLOGY OF DIMENSIONING OF GLUED JOINTS

МЕТОД ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ПРИКЛЕИВАННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Assoc. Prof. Pandev G., PhD, Eng.

Faculty of Mechanical Engineering – University of Chemical Technologies and Metallurgy, Sofia, Bulgaria

gpep@uctm.edu

Abstract: *The use of adhesives in the modern machine-building allows in a quick, inexpensive and safe way to solve the problems of connecting the parts to one another. Different types of adhesives are used, depending on the specific requirements of the connection and the technology for its production. Despite the proven advantages of the technology for the creation of joints by gluing and their wider use in the contemporary practice, there is no methodology in the specialized literature for the dimensioning of glued joints.*

The purpose of the proposed project is to be investigated the mechanism of bonding by gluing, and on that basis to develop a methodology for determining the separation force of two glued parts, depending on the type and dimensions of the contact surface, the way of gluing and the type of the glue used.

The methodology includes the classification of the different types of adhesives, according to the literary sources and their advantages; analysis of the theoretical principle of creating a bond by gluing; dependencies for calculating the force required to separate the glued parts, according to the conditions listed therein.

Keywords: METHODOLOGY, DIMENSIONING, GLUED JOINT,

1. Въведение

Залепването е процес на създаване на неразглобяема връзка между два детайла. Това се извършва посредством няколко възможни материала : лепило, адхезив или кит [1,3].

Под термина „лепило“ се разбира продукт, позволяващ закрепването на детайлите да се осъществи в една обща равнина или обща линия на залепване. При това тези продукти са под формата на течност, паста или филм. Най-често те са приготвени от естествени материали : растителни (каучук, гума арабика, скорбяла) ; животински (кости, кожа и др.) ; с минерален произход (цимент, битум, керамика).

Понятието „адхезив“ (структуриращ) означава вещество за залепване, при което напрежението на срязване в мястото на съединяване е по-високо от 7 МРа при нормални температурни условия. Обикновено адхезивите са синтетични материали : термопластични (цианоакрилатни или поливинилхлоридни съединения), термоустойчиви (полиестери, епоксиди, силикони), еластомерни (латекс, неопрен и др.).

Терминът „кит“ обикновено се отнася за материали, при които освен залепване се получава и уплътняване. Те са със синтетичен произход.

Създаването на връзка между детайлите посредством залепване има някои основни предимства [4] :

- *Сглобяване на детайли от различни материали* – залепването се прилага когато то е единственият начин за връзка между два материала, които не могат да се сглобят по класически начин (например метал - стъкло и др.) ;
- *Сглобяване на много тънки детайли или такива със значителна разлика в дебелината* ;
- *Свързване без да се повреждат детайлите* – избягват се механичната обработка (например пробиване), заваряване и други процеси, съпроводени с отделяне на топлина. Избягва се довършителна обработка на връзката и тя е с естетически вид ;
- *Здравина на връзката* – равномерното разпределение на адхезива по цялата повърхнина на закрепване между детайлите позволява да се получи връзка с по-голяма здравина, отколкото при закрепване с отделни елементи (винтове и др.) ;

- *Намаляване на вибрациите* – еластичността на адхезива позволява поглъщането на някои вибрации – например тези с малка амплитуда и висока честота ;
- *Акустична и електроизолация, уплътняване и защита против корозия.*

Посочените предимства показват ефективността на метода за свързване на детайлите чрез залепване и тяхното все по-често използване в съвременната практика. Въпреки това в специализираната литература липсва методика за оразмеряване на залепени съединения.

Целта на настоящата статия е да се изследва механизмът за създаване на връзка чрез залепване и на тази основа да се разработи методика за определяне на силата на разделяне на два залепени детайла в зависимост от вида и размерите на контактната повърхнина, начинът на залепване и видът на използваното лепило.

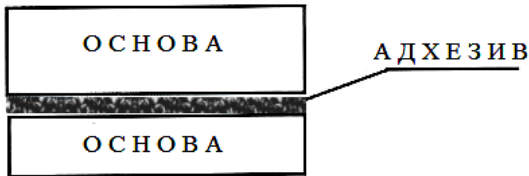
2. Методика за оразмеряване на залепени съединения

2.1. Теория на свързването чрез залепване

Теоретично здравината и устойчивостта във времето на връзката между залепени детайли зависи преди всичко от [5]:

- От кохезията на адхезива;
- От адхезията между материала на детайла и залепващия материал;
- От геометрията на връзката;
- От технологията на нанасяне и вида на адхезива, включително и допълнителните операции по сушене, втвърдяване на топло и др.

На Фиг. 1 е показан принципът на създаване на залепена връзка. Качеството на връзката зависи от следните по-важни условия : продължителност и температура на съхраняване на адхезива; максимално време на отваряне на опаковката му; температура при полагането; подготовка на свързваните повърхнини; състояние и чистота на свързваните повърхнини.



Фиг. 1. Принцип за създаване на залепена връзка

Всички теории се обединяват около съществуването на силите на адхезия в залепената връзка. Основните теории са две :

- *Химичната теория*, която се основава на образуването на ковалентни връзки между двата материала, които са един срещу друг ;
- *Термодинамичната теория*, обясняваща залепването със съществуването на силите на Ван дер Ваалс.

И двете теории отдават изключителна важност на чистотата на повърхнините за залепване, начинът, по който те са предварително обработени, спазването на процедурите по почистването и обезмасляването им. От практиката е установено, че най-добри условия за осъществяване на залепена връзка се получават, когато повърхнините предварително са загладени чрез пясъкоструйна обработка или такава с метални топчета (Фиг. 2). В този случай се намалява концентрацията на напрежения, които биха се получили по върховете на грапавините на необработени повърхнини.



Фиг. 2. Нанасяне на адхезива в зависимост от предварителната подготовка на повърхнината

2.2. Оразмеряване на залепени съединения

Напреженията, които се получават при залепване на детайлите са сравнително умерени. Силите, необходими за тяхното разделяне (респ. предаването чрез тази връзка усилие), ще бъдат толкова по-големи, колкото по-голяма е площта на контактната повърхнина. Ето защо в методиката за оразмеряване площта се явява основен фактор. От значение също е и дебелината на залепваните детайли [4].

Оразмеряване при залепване на дебели детайли

Определянето на предаваното усилие в залепена връзка, подложена на срязване се извършва по формулата :

$$(1) \quad F = \tau_r \cdot S$$

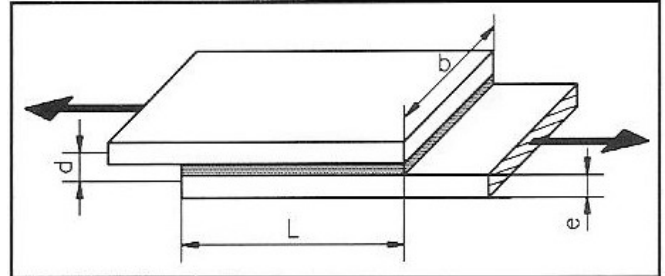
където :

τ_r – напрежение на разрушаване на залепената връзка, МРа,
 S – площ на залепената повърхнина.

С тази зависимост се определя максималното предавано усилие от залепената връзка при оптимални условия. В случай, че има наличие на хлабина във връзката, вибрации, повишена температура и други неблагоприятни условия се налага въвеждането на корекционен коефициент.

Оразмеряване при залепване на тънки детайли

Приема се, че върху двата детайла действа сила на опън F . При дължина на контакта на залепване L (Фиг. 3) се пренебрегват напреженията на усукване и се допуска, че връзката е подложена на чисто срязване.



Фиг. 3. Размери на залепената връзка и детайлите

Ако означим с f отношението $f = \frac{\sqrt{e}}{L}$, то тогава напрежението τ_r ще бъде пропорционално на фактора f , тъй като неговата стойност е по-малка от 0,1 :

$$(2) \quad \tau_r = 0,1 \frac{\sqrt{e}}{L}$$

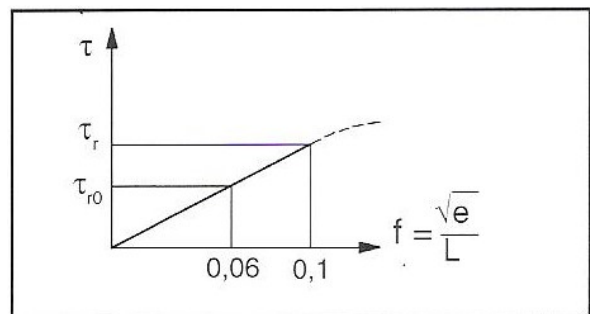
Ако приемем дължина L_0 на контактната повърхнина между детайлите, такава, че напрежението на срязване в залепената връзка τ_{r0} да е равно на $0,6\tau_r$, тогава за L_0 ще имаме

$$(3) \quad L_0 = \frac{\sqrt{e}}{0,06}$$

след което определянето на усилието, което може да понесе залепената връзка се определя от зависимостта

$$(4) \quad F_{r0} = \tau_{r0} \cdot L_0 \cdot b$$

По този начин с горната формула се изчислява действителната сила, която може да понесе залепената връзка без да се разруши (Фиг. 4).



Фиг. 4. Определяне на действителното натоварване в залепената връзка

Примери за оразмеряване на залепени съединения

Първи пример : Залепване на масивни детайли.

Зъбно колело с брой зъби $z = 17$, модул $m = 1$ и ширина на венца $b = 8$ mm трябва да се закрепва чрез залепване към шийката на вал с размери : диаметър $\phi 16$ H8/g7 и дължина 19 mm. Предаваният въртящ момент е $M_B = 30$ N.m. Зъбното

колело и валът са от един и същ материал – стомана 35 CD4. Работната температура е 60°C.

Като материал за залепване се избира адхезив BOSTIK 7432 [2], който има съпротивление на срязване $\tau_r = 20$ МПа.

Изчислява се площта на залепената връзка

$$(5) \quad S = \pi \cdot 16 \cdot 19 = 955 \text{ mm}^2$$

Предаваният въртящ момент M_{B3} чрез залепената връзка при избрания тип адхезив ще бъде

$$(6) \quad M_{B3} = 20 \cdot 955 \cdot 8 = 152\,800 \text{ N}\cdot\text{mm} = 152,8 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Коефициентът на сигурност се определя от отношението

$$(7) \quad M_{B3}/M_B = 152,8/30 = 5,1$$

който е достатъчно висок и удовлетворява напълно поставените условия.

Втори пример : Оразмеряване на залепено съединение между детайли с малка дебелина.

Два детайла от стомана E24 с дебелина $e = 2$ mm трябва да се залепят и издържат сила $F = 2400$ N без да се разделят. Ширината на залепване е $b = 15$ mm (Фиг. 3).

За осъществяване на залепено съединение се избира адхезив M 890 на същата фирма [2], който при залепване на стомана върху стомана има съпротивление на срязване $\tau_r = 22$ МПа и е с добра устойчивост на вибрации и удари.

Дължината на контактната повърхнина L_0 , определена по формула (3) е

$$(8) \quad L_0 = \frac{\sqrt{2}}{0,06} = 23,6 \text{ mm}$$

$$(9) \quad \tau_{r0} = 0,6 \cdot 22 = 13,2 \text{ МПа.}$$

Тогава действителната сила F_{r0} за разрушаване на залепената връзка ще бъде

$$(10) \quad F_{r0} = 13,2 \cdot 23,6 \cdot 15 = 4673 \text{ N.}$$

От сравняването на силата $F = 2400$ N и $F_{r0} = 4673$ N се вижда, че действителната сила F_{r0} е по-голяма от тази, която ще натоварва залепеното съединение (2400 N < 4673 N), т.е. съединението успешно ще понесе зададеното натоварване.

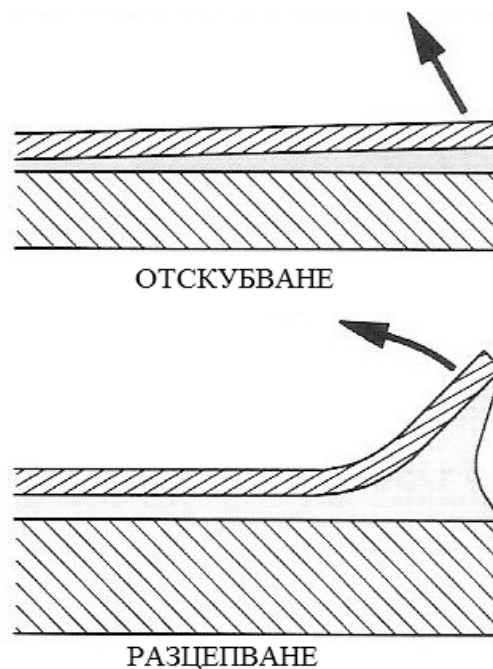
3. Конструктивни изпълнения на залепени съединения

Съществуват различни конструктивни изпълнения на залепени съединения. Така например в зависимост от натоварването най-устойчиви се оказват онези съединения, които в процеса на работа са подложени на опън и на срязване (Фиг. 5).



Фиг. 5. Залепено съединения, подложено на опън и на срязване

В същото време трябва да се избягват конструктивните решения, при които под действие на приложеното натоварване може да се получи отскубване или разцепване на залепеното съединение (Фиг. 6).



Фиг. 6. Неблагоприятни конструктивни решения при залепени съединения

Изводи

1. Анализирани са принципът на създаване на залепено съединение и факторите, от които зависи здравината му и устойчивостта във времето, качеството на връзката.

2. Посочени са двете основни теории – химична и термодинамична за създаване на връзка чрез залепване между детайлите. Разгледани са общите им постановки и различията между тях.

3. Създадена е методика за оразмеряване на залепени съединения между дебели и тънки детайли. Тя отчита напреженията на срязване в мястото на залепване, геометричните параметри на контактната повърхнина между двата детайла, видът на използвания адхезив. Приложимостта на методиката е показана с решаването на два конкретни примера от практиката.

4. Посочени са конструктивни изпълнения на залепени съединения, които показват добра устойчивост в процеса на работа, както и такива, при които могат да настъпят неблагоприятни последствия.

Литература

1. АРНАУДОВ К., И. Димитров, П. Йорданов, Л. Лефтеров. Машинни елементи. Техника, София, 1980.
2. ПРОСПЕКТ на фирмата BOSTIK, 2015 г.
3. CHEVALIER A. Guide du dessinateur industriel. Edition HACHETTE Technique, 2004.
4. CORBET J.-Cl., A. Ducruet, L. Huchet. Le CoDoTec. 1996.
5. ПЕТРОВ Г., Органична химия. Университетско издателство „Св. Климент Охридски“, София, 1996, 703 с.