

Anchev A. P., V.P.Dunchev, P.H. Daskalova, Fatigue behavior experimental study of specimens with fastener holes in 2024-T3 aluminum alloy subjected to cold expansions via modified split mandrel method. International Scientific Conference, “ Mechatronic, Eco – and energy saving systems and technology”. Gabrovo. 2023 p.155-164 ISSN 2815-4924

Abstract

The object of this study is a new cold hole expansion method in terms of evaluating its effectiveness in improving the fatigue life of 2024-T3 aluminum alloy. The new method is a modified version of the existing split mandrel cold working. The new method ensures the same tightness in the conditions of a relatively wider tolerance of the previously drilled hole diameter. The evaluation of the new method effectiveness was made via fatigue tests with a pulsating tensile cycle using flat specimens with central holes. Four group of specimens were tested. The holes of the first group of specimens were drilled and finally reamed. The holes of the remaining three groups of samples were successively drilled in the conditions of relatively large scattering of the diameters, cold worked and finally reamed. The obtained S-N curves prove the novel method effectiveness for significantly increasing the fatigue life (up to four times) compared to the conventional case of hole processing with cutting only. The application of the proposed method in the conditions of a relatively large scattering of the diameters of the pre-machined holes leads to an insignificant change of the number of cycles to failure with the same applied remote stress.

Резюме

Обект на това изследване е нов метод за студено разширяване на отвори, който цели да оцени ефективността му при подобряване на живота на алуминиева сплав 2024-T3 при умора. Новият метод е модифицирана версия на съществуващата технология за пластична деформация split mandrel cold working. Основното предимство на новия метод е, че той гарантира еднаква степен на пристягане дори при относително по-широк толеранс на предварително пробития диаметър на отвора. Оценката на ефективността на новия метод е извършена чрез уморни изпитвания с пулсиращ цикъл на опън, като са използвани плоски образци с централни отвори. Тествани са общо четири групи образци. Отворите на първата група образци са обработени с пробиване и финално райбероване. Отворите на останалите три групи образци са били последователно пробивани при условията на относително голямо разсейване на диаметрите, след което са пластично деформирани и накрая райберовани. Получените S-N криви доказват ефективността на новия метод за значително увеличаване на уморната дълготрайност (до четири пъти) в сравнение с конвенционалния случай на обработка на отвори само чрез рязане. Прилагането на предложения метод в условията на относително голямо разсейване на диаметрите на предварително обработените отвори води до незначителна промяна в броя цикли до разрушаване при едно и също приложено напрежение.

Maximov J., G. Duncheva, A. Anchev, V. Dunchev, P. Daskalova, Modified Split Mandrel Method and Equipment to Improve the Fatigue Performance of Structural Components with Fastener Holes. *Metals* 2024, 14, 303 doi.org/10.3390/met14030303 **IF:2.5**

Abstract

Fastener holes are among the most common natural stress concentrators in metal structures. The life cycles of various structural elements, such as those in aircraft structures, automobiles, and rail-end bolt joints, are limited by fatigue damage around the holes. An effective approach to delay the formation and growth of fatigue macrocracks is to introduce residual hoop compressive stresses around the holes. Two methods have become established in the prestressing of fastener holes in aircraft components, split sleeve and split mandrel, which implement one-sided processes. The common disadvantage of both methods is the complex procedure due to the need for high accuracy of the initial holes. This article presents a new modified split mandrel method providing the same tightness (interference fit) with a wide tolerance of the pre-drilled hole diameters, reducing the number of technological cycle steps and production costs. To implement the new method, a functionally connected tool and a device with a hydraulic drive were developed. An extensive experimental study of 2024-T3 AA specimens was carried out to evaluate the effectiveness of the method under a high scattering of the pre-drilled holes. The new method provided a deep zone of residual hoop compressive stresses on both faces of the specimens after cold working and after hole final reaming. The removal of a plastically deformed layer around the hole of suitable thickness during the final reaming decreased the axial gradient of residual hoop stress distribution. Fatigue tests on a tensile pulsating cycle verified the effectiveness of the modified split mandrel method to significantly increase the fatigue life by 6.6 times based on 10^6 cycle fatigue strength compared to the conventional case of machining the holes. The obtained S-N curves for three groups of samples with initial hole diameters of 8.0, 8.1, and 8.2 mm, which were cold worked with the same tightness of 0.32 mm and final reamed, aligned well, indicating that the new method can provide constant fatigue strength for a given stress amplitude.

Резюме

Скрепителните отвори са сред най-често срещаните естествени концентратори на напрежение в металните конструкции. Животът на броя цикли на различни конструкционни елементи, като тези в самолетни конструкции, автомобили и болтови съединения на релсови краища, е ограничен от уморно разрушение около отворите. Един ефективен подход за забавяне на образуването и растежа на макропукнатини от умора е въвеждането на окръжни остатъчни напрежения на натиск около отворите. Два метода са се утвърдили в практиката за предварително натоварване на отвори за скрепителни отвори в самолетните компоненти: split sleeve и split mandrel, които прилагат едностранни процеси за постигане на желания ефект. Основният общ недостатък и на двата метода е сложната процедура, дължаща се на необходимостта от висока точност на първоначалните отвори. Статията представя нов модифициран метод с разрязан дорн, който осигурява същото пристягане при широк толеранс на диаметрите на предварително пробитите отвори, намалявайки броя на стъпките в технологичния цикъл и производствените разходи. За прилагането на този метод са разработени функционално свързан инструмент и устройство с хидравлично задвижване. Извършено е обширно

експериментално проучване на образци от алуминиева сплав 2024-T3 с цел оценка на ефективността на метода при голямо разсейване на предварително пробитите отвори. Новият метод осигурява дълбока зона на окръжни остатъчни напрежения на натиск върху двете страни на образците след пластична деформация и след финално райбероване на отвора. Премахването на пластично деформиран слой около отвора с подходяща дебелина по време на финално райбероване намалява осовия градиент на разпределението на окръжни остатъчни напрежения. Изпитванията за умора при пулсиращ цикъл на опън потвърждават ефективността на модифицирания метод за значително увеличаване на живота на умора с 6.6 пъти базирано на 10^6 цикъла в сравнение с конвенционалния случай на обработка само чрез механично рязане. Получените S-N криви за трите групи образци с първоначални диаметри на отворите 8.0, 8.1 и 8.2 мм, които са били пластично деформирани с еднаква степен на пристягане от 0.32 мм и финално райберовани, съвпадат добре което показва, че новият метод може да осигури постоянна якост на умора за дадена амплитуда на напрежение.

Daskalova P. Microstructure and microhardness around holes in aluminum alloy 2024-T3 subject to cold expansion by modify Split Mandrel Method. International Scientific Conference Unitech 2024, Gabrovo, Bulgaria, (36-46), 2024

Abstract

The article reviews the main approaches and the methods that implement them to improve the fatigue behavior of metal structural elements with fastener holes. A generalized classification scheme is proposed, in which established methods in engineering practice and new methods are systematized. The generalized scheme was developed based on the differential-morphological method. In accordance with the differentiation of the methods in the generalized scheme, the principle schemes of the different groups are visualized and an analysis of their advantages and disadvantages was made from the point of view of their functional capabilities and in a technological aspect.

Резюме

Статията прави преглед на основните подходи и методите за подобряване на уморното поведение на метални конструкционни елементи със скрепителни отвори. Предлага се обобщена класификационна схема, в която са систематизирани както утвърдените методи в инженерната практика, така и новите методи. Обобщената класификационна схема е разработена на базата на диференциално-морфологичния метод. В съответствие с диференциацията на методите в обобщената схема, са визуализирани принципните схеми на различните групи и е направен анализ на техните предимства и недостатъци както от гледна точка на техните функционални възможности, така и в технологичен аспект.

Dunchev V.P., P.H. Daskalova, Experimental study of residual stresses around fastener holes in 2024-T3 aluminum alloy via modified split mandrel method. International Scientific Conference, “Mechatronic, Eco – and energy saving systems and technology”. Gabrovo. 2023 p.136-151 ISSN 2815-4924

Abstract

The article presents outcomes from an experimental study of residual stresses around fastener holes in aluminum alloy 2024-T3. The hole pre-stressing was performed via new method based on split mandrel cold working method using special device. This cold working method provides constant tightness (interference fit) between the mandrel major diameter and previously drilled hole. This allows to eliminate some of the control operations in the technological cycle and thus to reduce production costs. The circumferential residual stresses were measured using X-ray diffraction technique and $\sin^2\psi$ method with a least-squares fitting procedure. It was successively investigated: the influence of the initial diameter size scattering of the hole on the residual stress distribution immediately after hole cold working, the evolution of the introduced residual stresses depending on the thickness of the sheared metal layer by countersinking the cold worked hole, and the influence of the initial hole diameter size scattering on the final residual stress distribution. It was found that regardless of the relatively large scattering of the initial diameter size of the hole, the used method of hole cold working provides a practically constant zone of useful circumferential residual stresses around the pre-stressed hole. It was proven that the removal of a layer of metal with a suitable thickness by means of final countersinking can homogenize the area with residual compressive stresses around the hole in the axial direction.

Резюме

Статията представя резултати от експериментално проучване на остатъчните напрежения около скрепителни отвори в алуминиева сплав 2024-T3. Предварителното натоварване на отворите е извършено чрез нов метод, базиран на метода на Split Mandrel Cold Working, използващ специално устройство. Методът за студено разширение осигурява постоянна стегнатост (натиск) между основния диаметър на дорна и предварително пробития отвор. Това позволява да се елиминират някои от операциите за контрол в технологичния цикъл и по този начин да се намалят производствените разходи. Окръжните остатъчни напрежения са измерени с помощта дифрактометър и метода $\sin^2\psi$ с процедура за апроксимация по метода на най-малките квадрати. Последователно е изследвано: влиянието на разсейването на първоначалния размер на диаметъра на отвора върху разпределението на остатъчните напрежения непосредствено след пластична деформация на отвора, еволюцията на въведените остатъчни напрежения в зависимост от дебелината на слоя срязан метал чрез зенкерование на студено обработения отвор, и влиянието на разсейването на първоначалния размер на диаметъра на отвора върху окончателното разпределение на остатъчните напрежения. Установено е, че независимо от относително голямото разсейване в размера на първоначалния диаметър на отвора, използваният метод за пластична деформация на отвори осигурява практически постоянна зона на полезни окръжни остатъчни напрежения около предварително напрегнатия отвор. Доказано е, че отстраняването на метален слой с подходяща дебелина посредством финално зенкерование може да хомогенизира зоната с остатъчни напрежения на натиск около отвора в аксиална посока.

Duncheva G., P. Daskalova, Methods for increasing the fatigue life of structural components with fastener holes- state of the art. Journal of the Technical University of Gabrovo, 68 (2024) 21-36 doi.org/10.62853/JNWG1335

Abstract

The article reviews the main approaches and the methods that implement them to improve the fatigue behavior of metal structural elements with fastener holes. A generalized classification scheme is proposed, in which established methods in engineering practice and new methods are systematized. The generalized scheme was developed based on the differential-morphological method. In accordance with the differentiation of the methods in the generalized scheme, the principle schemes of the different groups are visualized and an analysis of their advantages and disadvantages was made from the point of view of their functional capabilities and in a technological aspect.

Резюме

Статията прави преглед на основните подходи и методите, които се прилагат, за подобряване на поведението при умора на метални конструкционни елементи със скрепителни отвори. Предлага се обобщена класификационна схема, в която са систематизирани както утвърдените методи в инженерната практика, така и новите методи. Обобщената В съответствие с диференциацията на методите в тази обобщена схема, са визуализирани принципните схеми на различните групи и е направен анализ на техните предимства и недостатъци както от гледна точка на техните функционални възможности, така и в технологичен аспект. схема е разработена на базата на диференциално-морфологичния метод.