

## Екструдиране

За да уплътнява добре, O-пръстенът трябва да е еластичен при притискане между две повърхности. Когато налягането е високо и той е силно притиснат, O-пръстенът се впира в стените на леглото и в уплътняваната повърхност пропорционално на упражнявания натиск. При прекомерно голяма диаметрална хлабина между уплътняващите повърхности и такова високо налягане, извържливостта на еластомера, от който е произведен O-пръстенът, се оказва недостатъчна, пръстенът екструдира и "изпълзява" в диаметралната хлабина и бива наранен, често доста видимо, като по този начин се нарушава непрекъснатостта на уплътнението. В резултат се получават механични повреди като набелване, нацепване и в крайни случаи експлоадиране на O-пръстена. Особено внимание трябва да се обръща при употребата на силиконови O-пръстени, чиято издръжливост на натиск намалява при високи температури.

Повечето еластомерни уплътнения са проектирани да работят в налягане на обкръжаващата среда до около 1 500 psi (~10 342,5 kPa). При много високи стойности на налягане, уплътнението трябва да е достатъчно издръжливо за да предотврати екструдиране в хлабината. Графиката в дясно илюстрира препоръчителните комбинации между диаметралната хлабина, твърдост на уплътнението и стойности на налягане.

За да се избегне екструдиране при приложение в среди с високо налягане, може да се намали хлабината, да се подсилят показателите на еластомера или да се използват опорни пръстени. Опорните пръстени се произвеждат от издръжливи полимерни материали и се използват от страната с по-ниско налягане в леглото на уплътнение за да се избегне екструдиране.

За справка: 1 psi (паунд на кв. инч) = 6,895 kPa

1 инч = 2,54 см.

## Компресионно слягане

Компресионното слягане е загубата на еластичност на еластомера, което причинява трайно слягане, деформация и съответно загуба на уплътняващи свойства. Причините за тази деформация се коренят в условията на експлоатация: прекалено висока работна температура, ниско качество или неправилен избор на еластомера, неподходящ дизайн на леглото, химическа несъвместимост с работни флуиди. Статистически, това е най-вероятната причина за увреждане на O-пръстените. В основни линии това поведение се дължи на разрушаване на молекулярните връзки вследствие на външни въздействия и може да се обясни по следния начин: в обтегнато състояние еластомерът претърпява вторична вулканизация в резултат на нагряването и се пресова. По-нискокачествените материали по правило са по-податливи на компресионно слягане, макар че такова слягане в слаба форма се наблюдава във всеки един O-пръстен, т.е. никой O-пръстен, веднъж е монтиран и използван, не може да възстанови първоначалната си форма след спиране от работа.

## **Спираловидно увреждане**

Така нареченото "спирално увреждане" има характерни външни белези. Може веднага да се разпознае по спираловидните нарязвания по повърхността на O-пръстена, което с времето води до окончателното разрушаване на уплътнителя. Този тип повреда възниква когато натискът върху сечението на O-пръстена е неравномерно разпределен около повърхността му, което обикновено се дължи на грешка в ексцентритета на съединението и води до посукване и спираловидно нараняване. Такова увреждане може да възникне и когато ходът на динамичния уплътнител е прекалено дълъг и нарушава повърхностния смазващ филм, като по този начин причинява директен контакт между каучука и метала. Съществува и възможност пръстенът вече да е посукан още преди вграждането му в леглото поради несъответствие между вътрешния диаметър на O-пръстена и размера на напречното сечение на шнурата. В заключение, основните причини за спираловидно увреждане са: - свързващите елементи са твърде ексцентрични - недостатъчно или неподходящо повърхностно смазване - прекомерна грубост на повърхността на динамичния уплътнител - малка твърдост на материала - прекалено свободен ход на динамичния уплътнител, водещ до нарушаване на смазващия филм - вграждане на предварително спираловидно посукани O-пръстени. За да се избегне този вид проблем следва да се обръща максимално внимание при вграждането на пръстена в леглото, както и наличието на достатъчно и подходящо смазване на повърхността на O-пръстена.

## **Експлозивно декомпресиране**

Поради факта, че всички еластомери са пропускливи, при работа в газообразни среди с високо налягане е възможно между молекулярните връзки на еластомера да проникнат различни газове и да формират микроскопични шупли. Количеството газ, проникващо в O-пръстена е пропорционално на налягането, което го предизвиква, и когато в даден момент това налягане рязко спадне, газът, проникнал в молекулярната структура на каучука може да експлодира, по този начин нанасяйки значителни повреди на уплътняващата повърхност. Не всички газове обаче имат еднакво въздействие: леките газове като CO<sub>2</sub> или хелий проникват в еластомера много повече и по-бързо от кислорода например, а при налягане по-ниско от 30 бара газовете по принцип рядко имат разрушително въздействие. Този вид увреждане може да се избегне като се намали контактната площ на пръстена с газа (посредством използване на малък диаметър на напречното сечение) или като налягането се намалява по-бавно.

## **Износване**

Когато се използват O-пръстени като динамични уплътнения или набивки, следва да се обърне максимално внимание на проблема с износването в резултат на триене: колкото по-голямо е триенето на повърхността на еластомера, толкова по-голямо е износването. Прекалено високите динамични натоварвания, липсата на смазка, грубите повърхности, наличието на примеси във флуида или прекалената компресия причиняват такова нежелано износване. Под действието на вибриращо налягане пък O-пръстенът започва да се движи в леглото, което ускорява износването. За разлика от компресионното слягане, износването води до сплескване от едната страна на O-пръстена. За да се предотврати възникването на този проблем, съветваме Ви да обръщате максимално внимание на това повърхността на O-пръстена да е добре завършена, по нея да няма неравности, както и на това да се монтират само добре смазани O-пръстени.

## Външни фактори

От всички изброени досега повреди, най-често срещаните са тези в резултат на външни фактори. Ако О-пръстенът е в контакт с несъвместим външен фактор, дори и при идеални други условия това може да причини разрушаване на О-пръстена до пълна неизползваемост за съвсем кратко време. Както вече изтъкнахме, всички еластомери са пропускливи. Ако даден еластомер не допуска контакт с чужд елемент (например агресивен контактен флуид), когато този елемент проникне между молекулите може да причини абсорбиране или извличане на някои химични елементи от състава на каучука. Абсорбирането и извличането на химични елементи не са взаимно изключващи се процеси: в действителност може да се случи така, че контактният флуид извлича едни елементи от еластомера, докато в същото време спомага за абсорбирането на други. Резултатът е увеличаване или намаляване на обема на О-пръстена, понякога в значителни размери, както и възможно драстично влошаване на показателите, характерни за съответния еластомер. Ако материалът набъбне, той омеква и губи част от притискащата си сила, а ако се свие се намалява цялостната компресия и устойчивостта на налягане на О-пръстена. За да се избегне този проблем е важно да се изяснят внимателно характеристиките на всички флуиди, които могат дори и в ограничени количества да попаднат в допир с уплътнението, и да се провери съвместимостта им с избрания еластомер. Такава информация се съдържа в таблиците на съвместимост на различните еластомери със съответната работна среда.

Сред външните фактори може да се класифицират и работни температури, надвишаващи препоръчителните. Такива температури причиняват вторично вулканизиране на О-пръстена и втвърдяване на материала, което го прави чуплив. Прекалено високите температури могат да са в резултат и на динамично триене.

## Пукнатини в резултат на озоново въздействие

Въздействието на озона обикновено се проявява особено ясно при наличието на прекомерно разпъване на О-пръстена, както и в зависимост от количеството слънчева светлина, падаща върху повърхността му. Прекомерното разпъване (за каквото се счита рязпъване с повече от 6 до 10 % от вътрешния диаметър, в зависимост от материала) причинява пукнатини в повърхността на О-пръстена. Тези пукнатини се формират по-бързо под натиск и обикновено се наблюдават при материали, неустойчиви на озон и атмосферни влияния (като например NBR), които атакуват молекулярната структура на еластомера. Възникването на пукнатини може да е в резултат на монтирането на вече деформирани пръстени и прекомерен опън в така деформираната им част. Завишените температури и високите концентрации на кислород или озон ускоряват този процес. Озонова атака върху недеформирани повърхности предизвиква така нареченият "ефект на заскрежаване", докато озоновото въздействие върху предварително деформирани от опън повърхности предизвиква характерни напуквания, обикновено по продължение на разтеглянето, които често напълно разрушават О-пръстена. За да се ограничи възможното увреждане от озон се препоръчва О-пръстените да бъдат съхранявани в складови помещения възможно най-дълго и да се монтират непосредствено преди употреба.