

SIMMERRING® (радиальные уплотнения вала)

Технические основы

1. Применение Simmerring-радиальных уплотнений вала

1.1	Общая информация	2.1
1.2	Преимущественно уплотняемые среды	2.1
1.3	Отличительные особенности манжет Simmerring	2.1
1.4	Основные требования к уплотнениям	2.2
1.5	Условия работы	2.2

2. Продукция и применение

2.1	Стандарты	2.3
2.2	Дополнительные конструкции	2.3
2.3	Новая разработка: модульное решение радиального уплотнения Simmerring (MSS)	2.4
2.4	Новая разработка: кодирующие элементы Simmerring (датчики положения рабочего органа)	2.5
2.5	Применение в промышленности	2.6
2.6	Пример применения	2.7

3. Механизм уплотнения

3.1	Общая информация	2.13
3.2	Статическая герметичность и посадка в отверстие	2.14
3.3	Процесс динамического уплотнения	2.15
3.4	Геометрия профиля рабочей кромки	2.16
3.5	Удельная нагрузка в контактной зоне рабочей кромки	2.17
3.6	Смазка	2.19
3.7	Трение	2.20

4. Уплотняемые среды

4.1	Среда и выбор материала	2.21
4.2	Реакции между средами и материалами "Simrit"	2.21
4.3	Предельные условия	2.21
4.4	Минеральные масла	2.21
4.5	Гипоидные трансмиссионные масла	2.22
4.6	Синтетические смазки	2.22
4.7	Консистентные смазки	2.23
4.8	Агрессивные среды	2.23
4.9	Загрязнения уплотняемой среды	2.24
4.10	Разделение двух сред	2.24

5. Эластомерные материалы для манжет Simmerring

5.1	Нитрил-бутадиен-эластомер (NBR)	2.26
5.2	Фторэластомер (FKM)	2.26
5.3	Политетрафторэтилен (PTFE)	2.26
5.4	Гидрированный NBR-эластомер (HNBR)	2.26
5.5	Полиакрилатэластомер (ACM)	2.26

6. Влияющие факторы

6.1	Окружная скорость вала	2.27
6.2	Температура	2.28
6.3	Давление	2.29
6.4	Защита от грязи	2.30
6.5	Вращающиеся манжеты Simmerring	2.30
6.6	Течь	2.32

7. Поверхность вала

7.1	Шероховатость поверхности	2.33
7.2	Допуски	2.33
7.3	Твердость	2.34
7.4	Обработка вала	2.34
7.5	Вал без микроструктуры	2.36
7.6	Материал вала	2.36
7.7	Повреждения вала	2.37
7.8	Соосность	2.37
7.9	Биение вала	2.37
7.10	Фаска	2.38

8. Посадочное отверстие

8.1	Шероховатость	2.40
8.2	Допуски	2.40
8.3	Глубина	2.40
8.4	Фаска	2.40
8.5	Тепловое расширение	2.40
8.6	Разъемные корпуса	2.40
8.7	Устойчивость	2.40

9. Манжета Simmerring с рабочей кромкой из PTFE (B2P)

9.1	Конструкция	2.41
9.2	Материалы	2.41
9.3	Работа	2.41
9.4	Пределы применения	2.42
9.5	Монтаж	2.42

10. Simmerring MSC

11. Обращение и монтаж манжет Simmerring

11.1	Обращение	2.45
11.2	Уплотняемое место	2.45
11.3	Запрессовка в корпус	2.46
11.4	Монтаж вала	2.47
11.5	Замена Simmerring	2.48
11.6	Устранение неполадок	2.49

1. Применение Simmerring® - радиальных уплотнений вала

2

1.1 Общая информация

Манжеты Simmerring применяются для уплотнения вращающихся валов, в основном в:

- двигателях для уплотнения коленчатых и кулачковых валов
- приводных механизмах автомобилей (коробка передач, дифференциал, оси, ступицы колес)
- приводных механизмах в сельскохозяйственных и строительных машинах
- промышленных механизмах
- гидроагрегатах (насосы, двигатели)
- стиральных машинах
- иное широкое применение в механизмах и аппаратах

1.2 Преимущественно уплотняемые среды

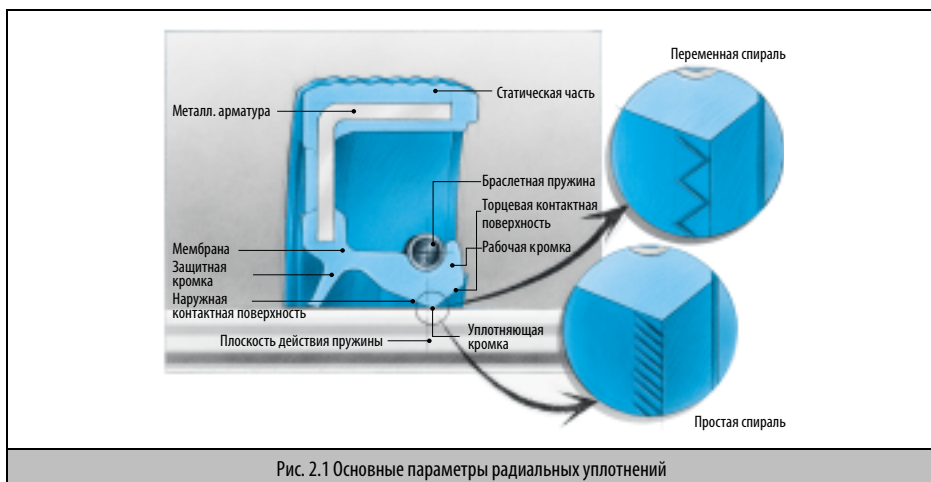
→ Уплотняемые среды со стр. 2.21

- масла на минеральной и синтетической основе
- консистентные смазки на минеральной и синтетической основе

- иные жидкие, пасто- и газообразные среды, обеспечивающие совместимость с материалом уплотнения

1.3 Отличительные особенности манжет Simmerring

- цилиндрическая внешняя оболочка для обеспечения статического уплотнения в корпусе
 - из эластомера с интегрированной металлической пластиной жесткости (→ Рис. 2.1 и → Рис. 2.2)
 - из металла, обработанная по внешнему диаметру → Манжета Simmerring и запорная крышка в промышленных приводах на стр. 2.8
- нагруженная рабочая кромка для обеспечения динамической и статической герметичности вала. Постоянно проводимые исследования привели к разработке оптимальных профилей рабочих кромок уплотнений с целью повышения надежности при широком спектре нагрузок (→ Гл. 1, Предварительный выбор со стр. 1.1)
- одна либо, в особом случае, несколько защитных кромок от наружного загрязнения и запыления



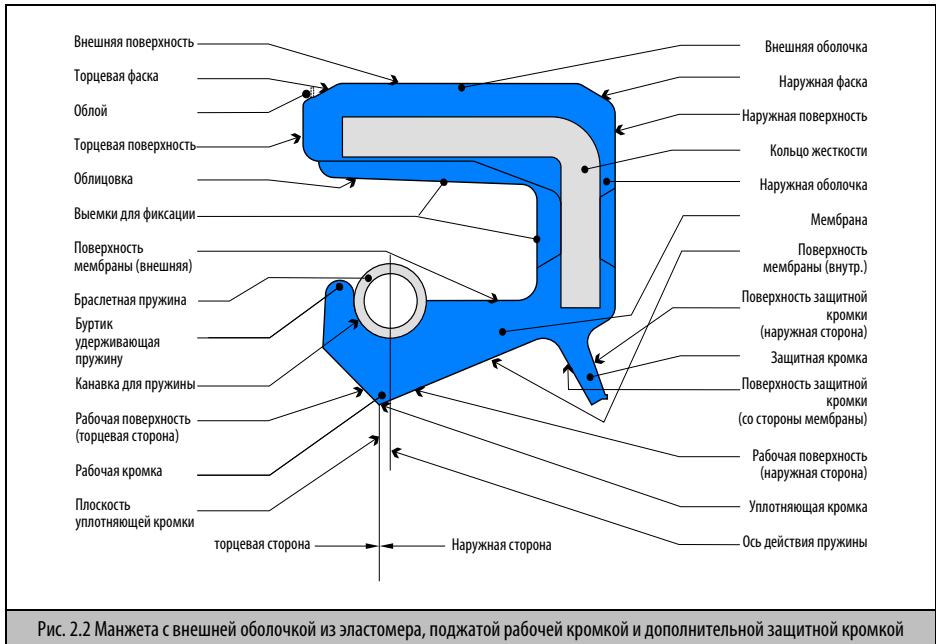


Рис. 2.2 Манжета с внешней оболочкой из эластомера, поджатой рабочей кромкой и дополнительной защитной кромкой

1.4 Основные требования к уплотнениям

- хорошая герметичность
- высокая надежность
- несложный монтаж
- совместимость с уплотняемыми средами
- малое трение

1.5 Условия работы

Решающее значение для выбора уплотнения имеют требования, предъявляемые в конкретном случае и условия работы уплотнения:

- уплотняемая среда
- окружная скорость, т.е. диаметр и частота вращения вала
- температура
- давление
- внешнее загрязнение

Область применения каждой отдельной конструкции описана в → SIMMERRING® – Производственная программа со стр. 1.0.

В случае больших или специфических нагрузок советуем выбирать уплотнение вместе с нашими специалистами, причем собственные попытки испытания надежности в большинстве случаев недопустимы.

2. Продукция и применение

2

2.1 Стандарты

<p>Основа стандартизации: стандарт DIN 3760:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Область применения • Величины, обозначения • Материалы и защита поверхностей • Особенности • Применение • Руководство по монтажу • Пояснения 	<p>Международным является стандарт ISO 6194:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Размеры и допуски • Терминология • Хранение, обращение и монтаж • Условия испытаний • Идентификация видимых дефектов
---	---

2.2 Дополнительные конструкции

i Для специфических условий применения в наличии имеется широкий спектр конструкций, не приведенных в данном каталоге (поставляются по заказу) (→ 2.5 Применение в промышленности, стр. 2.6).



Повышенное загрязнение снаружи:
дополнительные радиально и аксиально направленные защитные кромки.



Для упрощенной обработки вала заказчиком:
Simmerring-“Комби”, состоящее из радиального уплотнения и металлического подвижного кольца.
Другое преимущество:
отбрасывание появляющейся грязи выступом подвижного кольца.



При рабочих давлениях, превышающих нагрузочную способность конструкции BBSL:
уплотнения с оптимальными профилями рабочих кромок для выбранных диапазонов скоростей и давлений.



Специально разработанное уплотнение с повышенным сроком службы для применения в воде или щелочах (стиральные машины).

2.3 Новая разработка: модульное решение радиального уплотнения Simmerring® (MSS)

Стандартное радиальное уплотнение с интегрированным буферным уплотнением для повышения эффективности и срока службы. Гибкая система MSS допускает прочие конструкции и добавление новых модулей.

Simmerring	состоящее из	и изнутри	и снаружи
MSS 1	радиального уплотнения с защитной кромкой	радиального уплотнения, кромка с гидродинамическим рельефом	–
MSS 2		радиального уплотнения с нетканым ворсом	–
MSS 3		–	нетканого ворса
MSS 4		–	осевого буферного элемента
MSS 5		радиального уплотнения, кромка с гидродинамическим рельефом	
MSS 6		радиального уплотнения с нетканым ворсом	
MSS 7		–	подвижного кольца с осевым буферным элементом
MSS 8		радиального уплотнения, кромка с гидродинамическим рельефом	
MSS 9		радиального уплотнения с нетканым ворсом	



2.3.1 Варианты исполнения

- внешняя сторона полностью прорезинена для защиты от коррозии
- внешняя металлическая сторона, на которой крепится осевая защитная кромка, например, подвижное кольцо с интегрированной защитной кромкой или буферный элемент модульного уплотнения (MSC)

2.3.2 Защитная кромка

- дополнительная защита при грязевом налете
- малое перекрытие
- низкое трение

2.3.3 Неподвижная часть

- герметичность при повышенном давлении и вакууме
- герметичность при разъемных корпусах, либо корпусах из легких металлов
- повышенная шероховатость и тепловое расширение отверстия не влияют

2.3.4 Внутреннее покрытие

- для посадки последующих элементов

2.3.5 Уплотняющая кромка

- для переменного направления вращения
- для универсального применения в маслах и консистентных смазках
- Пониженное контактное давление рабочей кромки для
 - теплоты трения
 - уменьшения потерь на трение
 - снижения износа
 - увеличения срока службы
- Стабильная форма поперечного сечения рабочей кромки обеспечивает
 - минимальные потери трения
 - рабочее давление до 0,5 бар
 - простой и беспроблемный монтаж

2.4 Новая разработка: кодирующие элементы Simmerring® (датчики положения рабочего органа)

Кодирующие элементы радиального уплотнения идеально подходят для активных сенсоров для точного охвата вращательных движений.

2.4.1 Составят из:

- радиального уплотнения Simmerring с намагничивающимся эластомером или
- металлической пластины с намагничивающимся эластомером

2.4.2 Применение в автомобильной и иной промышленности:

- противоблокировочные устройства (ABS)
- управление двигателем
- управление механизмами

2.4.3 Преимущества:

- интегрированные функции от уплотнения до кодирующего элемента
- компактная конструкция
- высокая точность сигналов по сравнению с обычными механическими кодирующими колесиками
- распознавание направления, частоты вращения и установки угла
- независимость сигнала от частоты вращения
- разрешение вплоть до “нулевой” скорости
- допускаются повышенные зазоры
- использование активных сенсоров

2.4.4 Применяемые материалы:

- эластомер NBR или ACM для радиальных уплотнений Simmerring и намагничивающиеся кодирующие элементы согласно современным экологическим требованиям (отсутствие нитрозоамина)
- арматура радиального уплотнения из улучшенной или нержавеющей стали (Niro)
- сочетания различных эластомеров с оптимальными свойствами для уплотняющего профиля (NBR, HNBR, ACM, FKM) и кодирующих элементов (NBR, ACM).

Конструкция разработана с использованием современных технологий. Разработка конструкции уплотнения и кодирующего элемента в полном объеме (от намагничивания до изготовления) осуществляется фирмой “Freudenberg”.

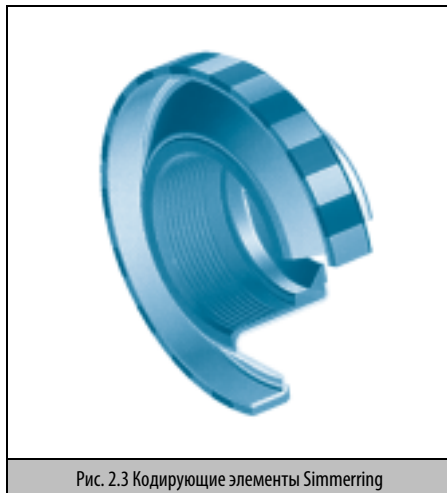


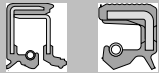















Рис. 2.3 Кодирующие элементы Simmerring












2.5 Применение в промышленности

Область применения	Промышленные двигатели	Приводные механизмы сельхоз. и строительных машин		Промышленные механизмы
Уплотняемое место	Коленчатый вал Кулачковый вал	Коробка передач вход выход Распределительный вал	Оси Малые шестерни Ступицы Карданный вал	Двигатели с редукторным приводом Зубчатые приводы Червячные приводы
Стандартные конструкции → SIMMERRING® – Производственная программа со стр. 1.0	Двухтактные двигатели BABSL в NBR и FKM 	Распределительный вал: NBR Вход: BAUM (SL) FKM 	–	MSS-1 NBR FKM 
Особые конструкции  по заказу (без легковых и грузовых автомобилей)	  FKM/ нетканый ворс  PTFE/ нетканый ворс Рабочая кромка с гидродинамическим рельефом	вход выход   Рабочая кромка частично с рельефом	Малые шестерни  Рабочая кромка с гидродинамическим рельефом Ступицы*  Кассета Карданный вал  Simmerring-комби	  MSS-8  MSS-9 

* Вал закреплен, уплотнение вращается вокруг вала

2

2

Область применения	Гидроагрегаты	Стиральные машины	Тяжелое машиностроение	Общее машино- и приборостроение
Уплотняемое место	Насосы Коробки передач	Бытовая техника Промышленные машины	Сталепрокатные станы Корабельные валы Турбобуры и т.д.	
Стандартные конструкции → SIMMERRING® – Производственная программа со стр. 1.0	BABSL в NBR и FKM 	частично из NBR – –	NBR FKM  	NBR FKM Химия: PTFE  
Особые конструкции  по заказу (без легковых и грузовых автомобилей)	 VAND ATD Специальные материалы	 спец. NBR  Simmerring-комби  Кассета	Корабельные валы Прокатные станы (→ Рис. 2.7) Большие подшипники (→ Рис. 2.8)	BDPT 

2.6 Примеры применения

→ Рис. 2.4 до → Рис. 2.8.

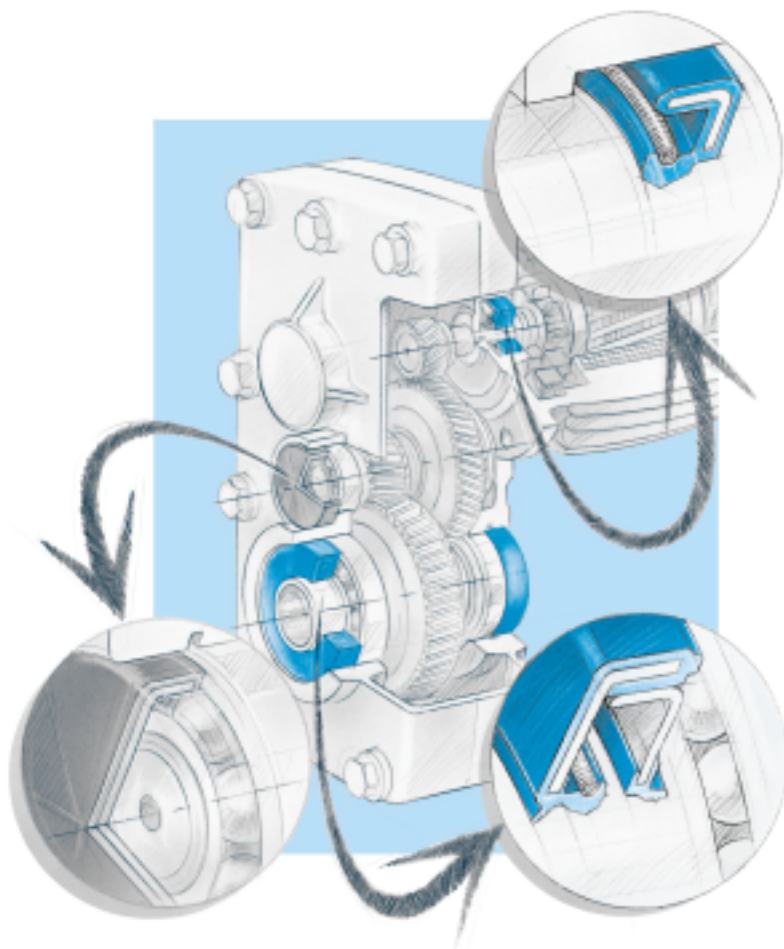


Рис. 2.4 Манжета Simmerring и запорная крышка в промышленных приводах

2

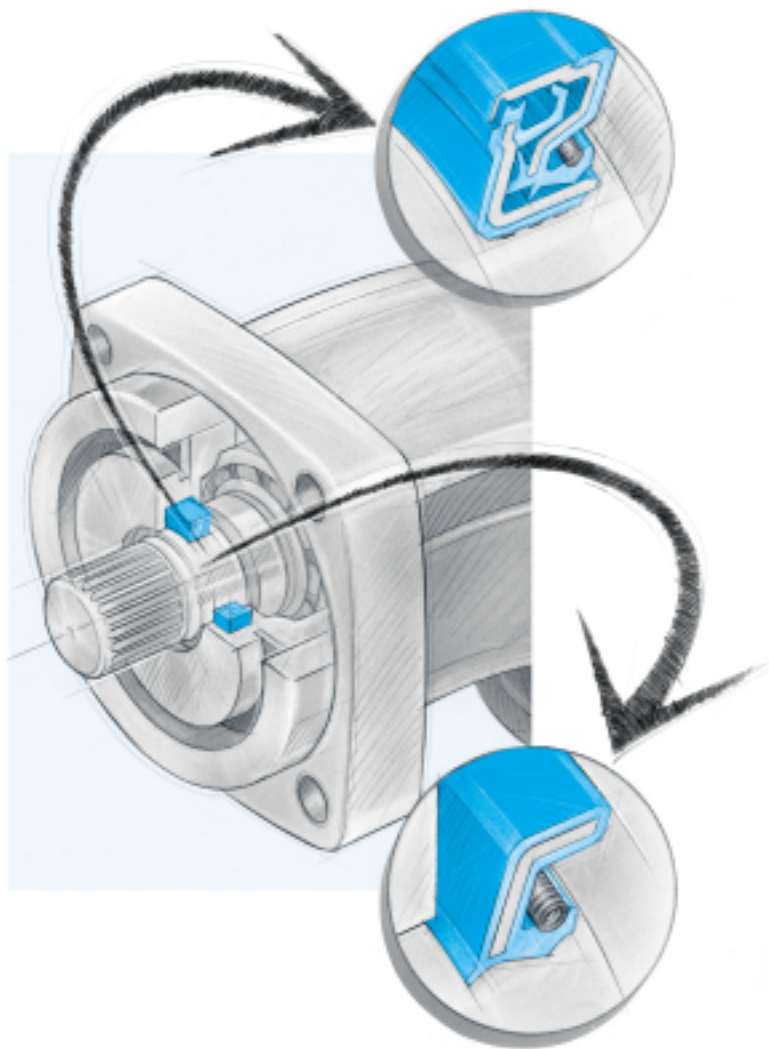


Рис. 2.5 Манжета Simmerring, подверженная давлению при вращении в гидронасосах и двигателях

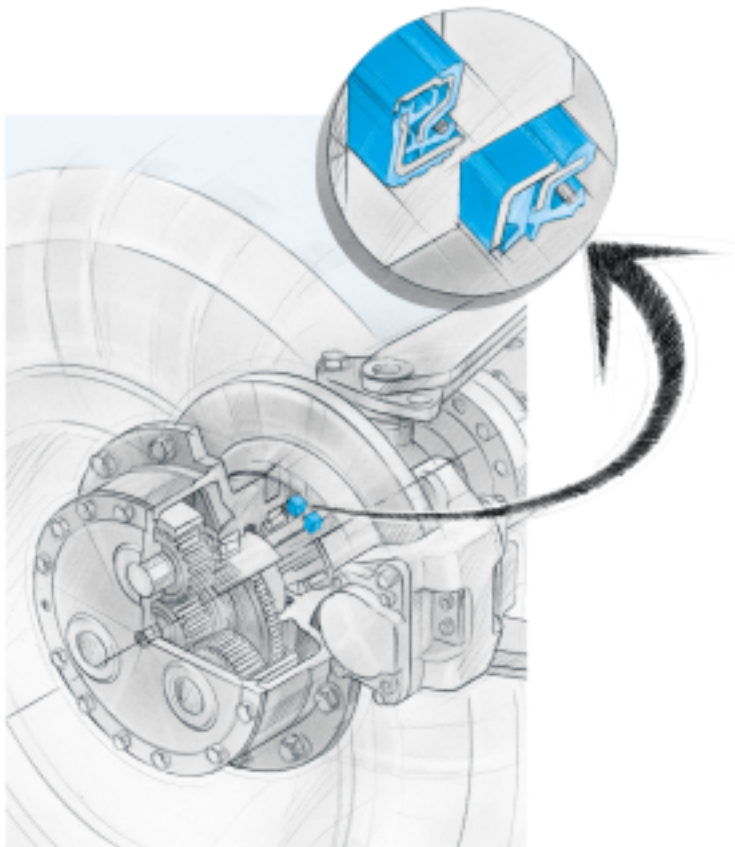


Рис. 2.6 Кассеты Simmerring и Simmerring-комби в приводных осях

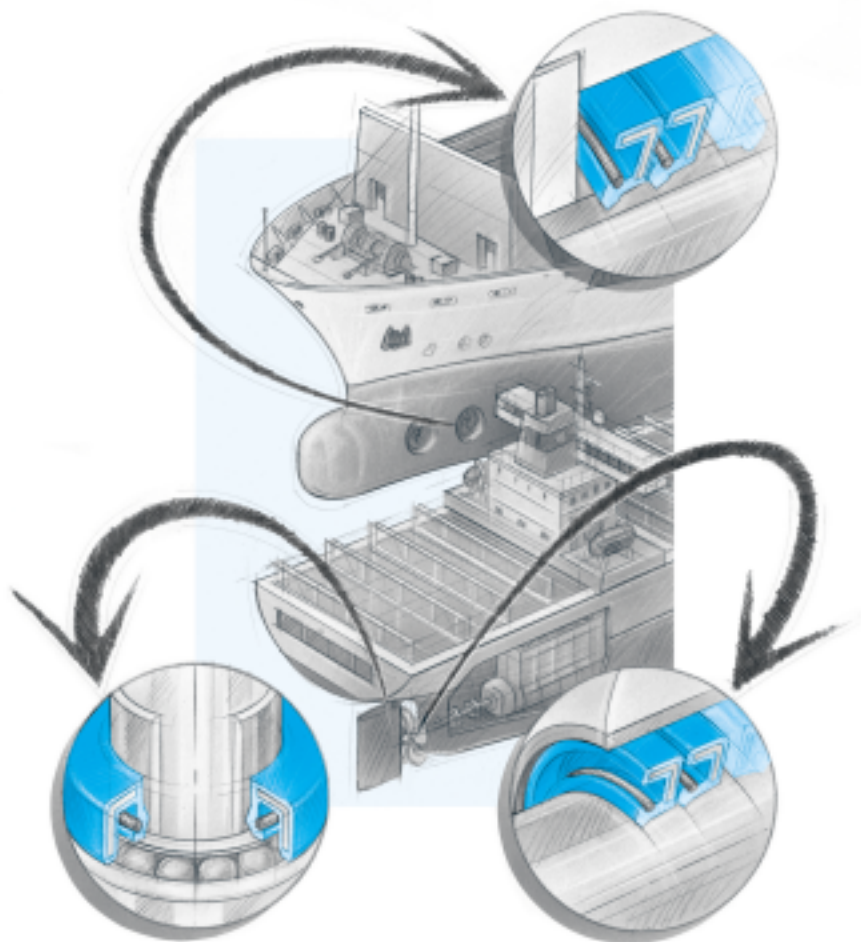


Рис. 2.7 Манжета Simmering для применения под водой в корабельной технике

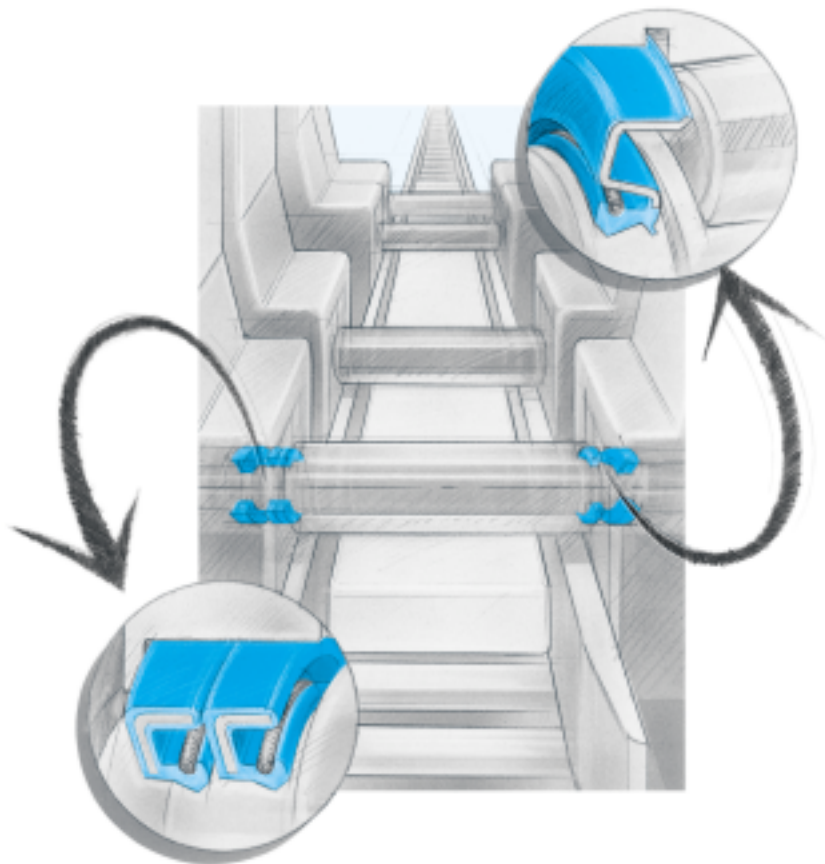


Рис. 2.8 Манжета Simmerring для больших подшипников поточных линий

3. Механизм уплотнения

2

3.1 Общая информация

Манжета Simmering уплотняет вращающийся вал относительно неподвижного корпуса (→ Рис. 2.4 и → Рис. 2.5):

- статическое уплотнение и обеспечение прочной посадки уплотнения по наружному диаметру отверстия корпуса
- динамическое и, при остановке вала, статическое уплотнение между рабочей кромкой и валом

На процесс уплотнения и срок службы уплотнения влияет сложная система различных факторов и их взаимодействие:

3.1.1 Уплотняемый агрегат

- Корпус
 - внешние поверхности
 - эксцентриситет
 - допуски
 - материал
- Вал
 - диаметр
 - частота вращения
 - эксцентриситет
 - внешняя поверхность
 - осевое движение
 - материал

3.1.2 Среда

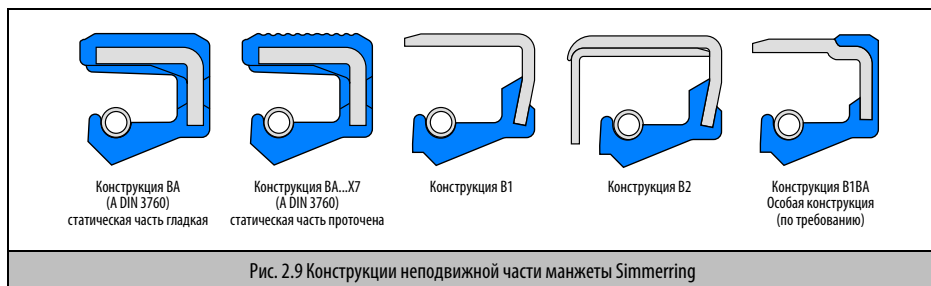
- температура
- химическая активность вследствие
- вязкость
- давление
- продукты распада

3.1.3 Окружающая среда и рабочее место

- температура
- запыление и загрязнение
- периоды простоя и работы

3.1.4 Манжета Simmering®

- Конструкция и допуски
 - неподвижной части
 - рабочей кромки
- Радиальное усилие
- Материал
 - твердость
 - износостойкость
 - сопротивление набуханию и усадка
 - антифрикционные свойства и т.д.





3.2 Статическая герметичность и посадка в отверстие

Внешняя оболочка (неподвижная часть) уплотнения выполняет функции:

- статическое уплотнение в отверстиях корпуса
- обеспечение устойчивой посадки в отверстие
- возможность безупречного и легкого монтажа уплотнения

В зависимости от условий работы и требований, применяются различные конструкции неподвижного элемента (→ Рис. 2.9).

Для беспроблемного монтажа необходимо учитывать:

- фаски на неподвижном элементе (см. DIN 3760)
- изменения номинального диаметра при деформации в зависимости от конструкции неподвижного элемента (→ Табл. 2.1)

Требования к исполнению отверстия корпуса

→ Посадочное отверстие со стр. 2.40.

- при разъемных корпусах
- при корпусах из легкого металла с повышенным тепловым расширением
- при применении под давлением
- при жидких и газообразных средах

3.2.2 Манжета Simmerring® с внешней оболочкой из эластомера

Конструкция ВА...Х7 внешняя оболочка с уплотнительными канавками

- облегчает монтаж
- предотвращает опасность выталкивания или перекося уплотнения
- увеличенный натяг при запрессовке повышает надежность статического уплотнения, прежде всего в корпусах с повышенным тепловым расширением

3.2.1 Манжета Simmerring® с внешней оболочкой из эластомера

Конструкция ВА (А согласно DIN 3760)

обладает наилучшими свойствами для статического уплотнения:

3.2.3 Манжета Simmerring® с металлической оболочкой

Конструкция В1 и В2 (В/С согласно DIN 3761)

Изготовление металлической, гладкой поверхности глубокой вытяжкой, обточкой либо шлифованием. Защита от коррозии,

Номинальный наружный-∅ (мм)	Конструкция ВА гладкая с мелкими проточками (мм)	Конструкция ВА с грубыми проточками (мм)	Конструкция В1 и В2 (мм)
До 50	+0,30 +0,15	+0,40 +0,20	+0,20 +0,10
50 – 80	+0,35 +0,20	+0,45 +0,25	+0,23 +0,13
80 – 120	+0,35 +0,20	+0,45 +0,25	+0,25 +0,15
120 – 180	+0,45 +0,25	+0,55 +0,30	+0,28 +0,18
180 – 300	+0,45 +0,25	+0,55 +0,30	+0,30 +0,20
300 – 400	+0,55 +0,33	+0,65 +0,35	+0,35 +0,23
400 – 500	+0,55 +0,33	+0,65 +0,35	+0,35 +0,23
500 – 630	+0,65 +0,35	+0,75 +0,40	+0,43 +0,28
630 – 800	+0,75 +0,40	+0,85 +0,45	+0,48 +0,33
800 – 1000	+0,85 +0,45	+0,95 +0,50	+0,53 +0,38
1000 – 1250	+1,00 +0,55	+1,10 +0,60	+0,60 +0,45

Табл. 2.1 Допуски посадки внешнего диаметра манжеты Simmerring

в зависимости от технологии производства, посредством применения антикоррозионного масла либо нанесением тонкого слоя канифоли.

- при требовании особо устойчивой и точной посадки в отверстии
- **⚠ Внимание:** при неблагоприятных условиях, таких как
 - грубая поверхность отверстия
 - жидкие и газообразные среды
 - работа под давлением
 может потребоваться применение уплотнительной пасты в месте посадки.
- В корпусах с повышенным тепловым расширением или разъемных корпусах применение ограничено.
- При запрессовке в корпус из легкого металла существует опасность образования задиров в отверстии.
- Конструкция B2 (с надежно зафиксированной металлической крышкой) обладает повышенной радиальной упругостью для:
 - больших размеров
 - усложненной и грубой посадки

3.2.4 Манжета Simmerring® с частично прорезиненной внешней поверхностью (конструкция B1BA)

- Не входит в стандартную программу, поставляется как специальная товарная позиция или под заказ. Пожалуйста, делайте предварительный запрос!
- Сочетает в себе преимущества надежного статического уплотнения благодаря эластомерной части и устойчивую посадку, которая обеспечивается внешней металлической частью поверхности.

3.2.5 Материал металлического элемента жесткости и металлического корпуса

- для любого стандартного применения нелегированная сталь DIN 1624
- для специальных случаев нержавеющая сталь согласно номеру материала 1.4571

3.3 Процесс динамического уплотнения

Важнейшей функциональной частью манжеты Simmerring является уплотняющая кромка, находящаяся в непосредственном контакте с поверхностью вращающегося вала (→ Рис. 2.10).

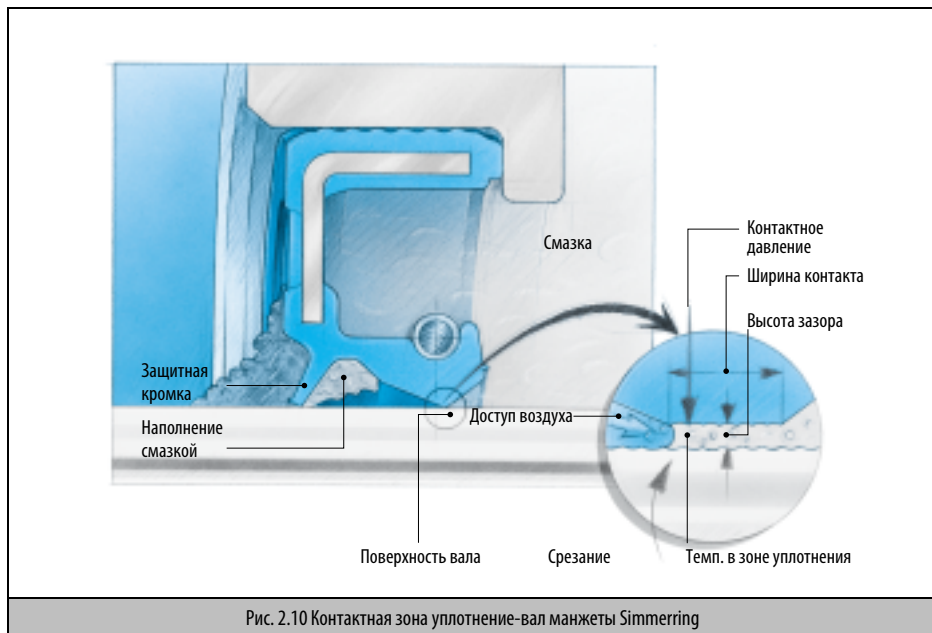


Рис. 2.10 Контактная зона уплотнение-вал манжеты Simmerring

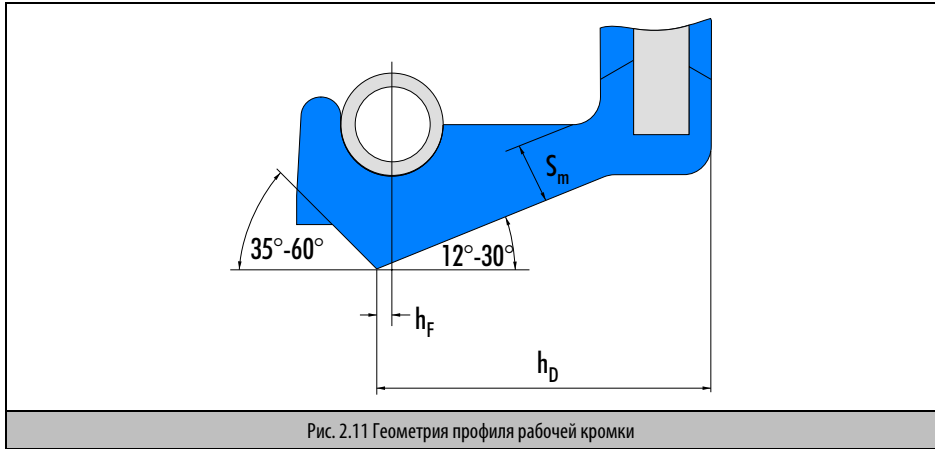


Рис. 2.11 Геометрия профиля рабочей кромки

На работу уплотнения решающее значение оказывает механизм уплотнения в контактной зоне рабочей кромки. Он зависит от:

- параметров рабочей кромки
- структуры эластомерного материала
- свойств поверхности вала

3.4 Геометрия профиля рабочей кромки

Для расчета параметров необходимы результаты испытаний во всех областях применения. Расчет производится изготовителем в зависимости от материала, размера и геометрии рабочей кромки (→ Рис. 2.11):

Длиной кромки является размер h_D .

Величиной поперечного сечения кромки является s_m . s_m образует центр вращения при растяжении или отклонении кромки.

h_D и s_m рассчитываются в зависимости от диаметра вала и условий эксплуатации. Согласование этих двух величин влияет на гибкость кромки.

- Гибкие и длинные рабочие кромки для больших допусков соосности и биения (допустимые величины → Рис. 2.30 и → Рис. 2.31).
- Короткий и устойчивый на валу профиль при наложении давления.

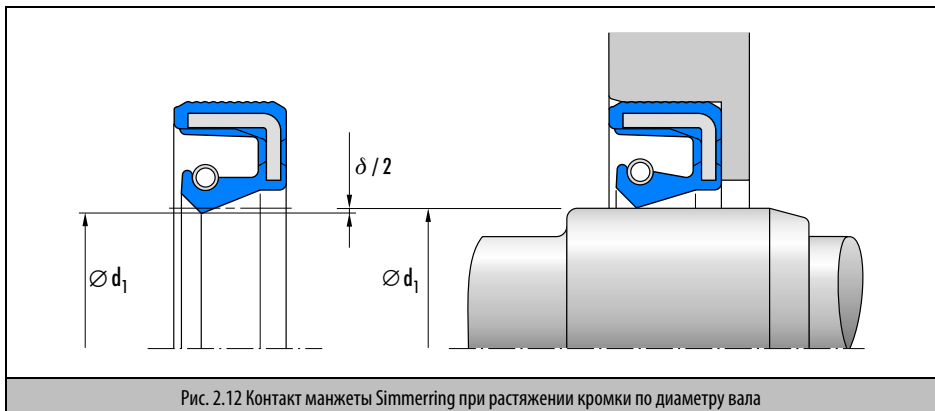


Рис. 2.12 Контакт манжеты Simmering при растяжении кромки по диаметру вала

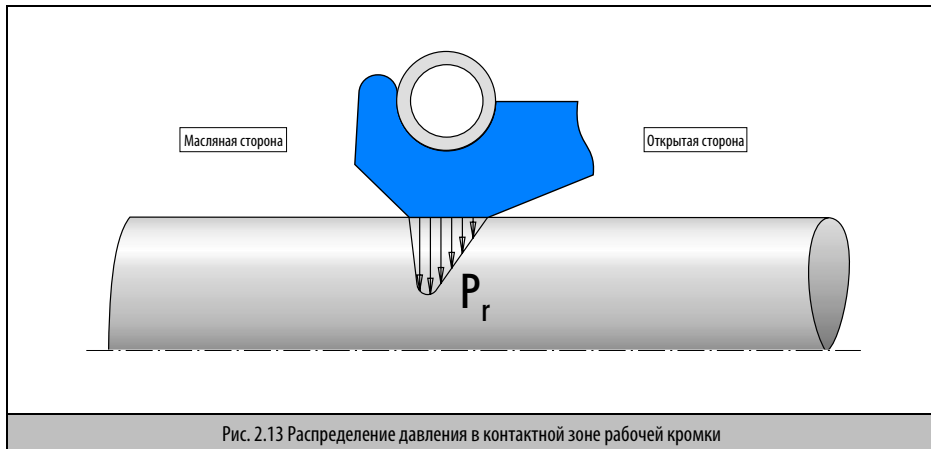


Рис. 2.13 Распределение давления в контактной зоне рабочей кромки

3.4.1 Расстояние между центром пружины и уплотняющей кромкой является плечом пружины h_f :

- Слишком малая h_f может привести к смещению вала, прежде всего, при биении вала и неровной установке.
- Слишком большая h_f может привести к прогибу кромки и слишком широкому пятну контакта с валом, а также широкому рабочему следу.

3.4.2 Углы рабочей кромки

Углы рабочей кромки влияют на механизм уплотнения, так как они влияют на контактное давление:

- на масляной стороне: крутой угол 35° – 60°
- на открытой стороне: плоский угол 12° – 30°

3.4.3 Перекрытие (→ Рис. 2.12)

Внутренний диаметр рабочей кромки в свободном, ненапряженном состоянии всегда меньше диаметра вала. Перекрытием (или предварительным натягом) называется разница этих двух величин. Она лежит в пределах примерно 0,8–2,5 мм, в зависимости от диаметра вала.

3.4.4 Радиальное усилие

Радиальное усилие в пятне контакта с валом является следствием преднатяга рабочей кромки, возникающего в результате ее деформации. Эта сумма тангенциальных сил растяжения и изгиба рабочей кромки и пружины определяется:

- воздействием эластомера: модуль упругости зависит от материала, температуры и старения. Это означает, что снижение радиального усилия во время работы зависит от температуры и времени

- влиянием профиля рабочей кромки: толщина поперечного ребра, головка профиля (диаметр поперечного ребра, размер h_p), деформация, т.е. перекрытие
- воздействием стальных пружин: материал (для стандартного исполнения пружинная стальная проволока по DIN 17223, для особых случаев нержавеющая сталь согласно номеру материала 1.4571), температура, длина, диаметр, жесткость проволоки

Для уменьшения трения и износа уплотнения стремятся к минимальному радиальному усилию.

С другой стороны, радиальное усилие должно быть достаточным для обеспечения процесса уплотнения.

3.5 Удельная нагрузка в контактной зоне рабочей кромки

Радиальное усилие рабочей кромки приводит, в зависимости от размера углов кромки и плеча пружины, к асимметричному распределению контактного давления (→ Рис. 2.13):

- максимум давления и резкий его рост на масляной стороне
- плавное снижение на открытой стороне

Для функции уплотнения это асимметричное распределение контактного давления имеет большое значение.

Распределение контактного давления и касательного усилия, возникающего за счет вращения вала, приводит к характерной деформационной структуре контактной поверхности рабочей кромки (→ Рис. 2.14). Хороший эластомерный материал уплотнения в процессе приработки сам по себе дает характерную структуру “искажения”.

⚠ Поэтому: для уплотнения необходима фаза приработки.

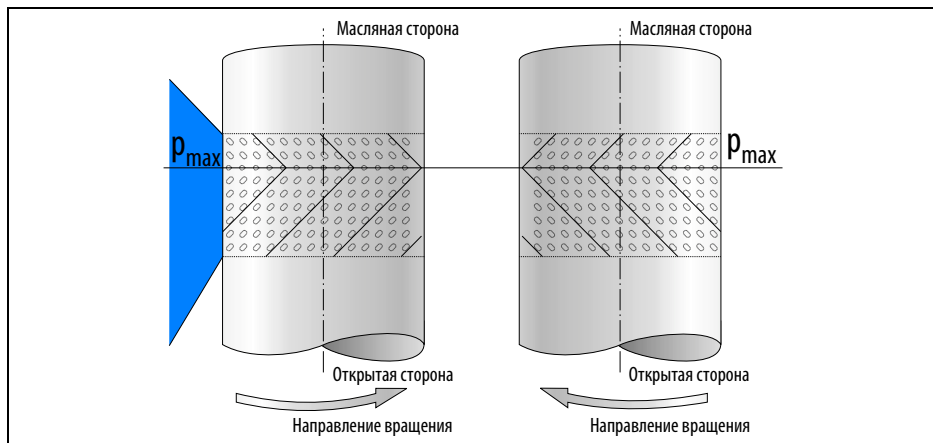


Рис. 2.14 Рельеф поверхности эластомера (микроспираль) в контактной зоне рабочей кромки

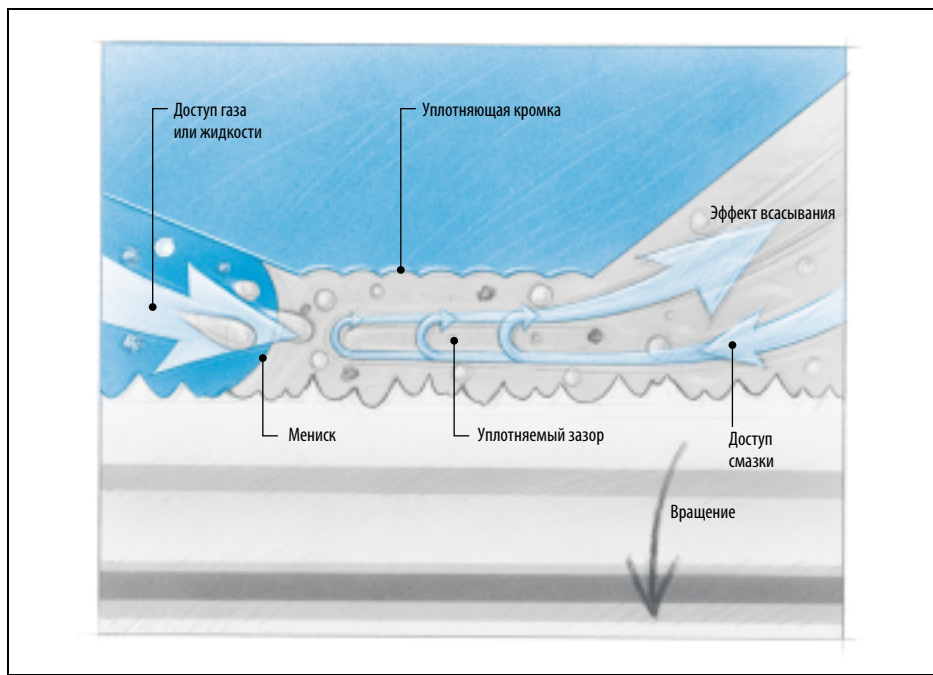


Рис. 2.15 Микровсасывание рабочей кромкой в контактной зоне вал-рабочая кромка

Благодаря этой деформационной структуре спиральный эффект вместе с вращающимся валом способствует обратному всасыванию масла (→ Рис. 2.15).

При простое уплотняемая и одновременно смазывающая среда проникает за счет капиллярных сил в неровности вала и рабочей кромки. Но непосредственный контакт рабочей кромки и вала по-прежнему преобладает.

Постепенно нарастающее вращение ведет, как в случае с подшипником скольжения, от пограничного трения, с промежуточной стадией смешанного трения, к преобладанию гидродинамического трения.

Если сложные процессы в области контактной зоны нарушаются такими факторами, как:

- несоответствующая шероховатость вала,
- царапины, поры и другие повреждения вала и уплотнения,

- загрязнение и продукты распада среды,
- затвердевание и разрывы уплотняющей кромки, уплотнение теряет герметичность.

3.6 Смазка

Достаточная смазка уплотнения смазочными материалами имеет решающее значение для срока службы уплотнения и уменьшения износа.

Вал ни в коем случае не должен работать “всухую”.

⚠ Поэтому: во время монтажа уплотнения вал и уплотнение должны слегка смазываться маслом либо консистентными смазками.

Уплотняемая среда является не только смазывающим, но и охлаждающим веществом для отвода тепла, возникающего при трении.

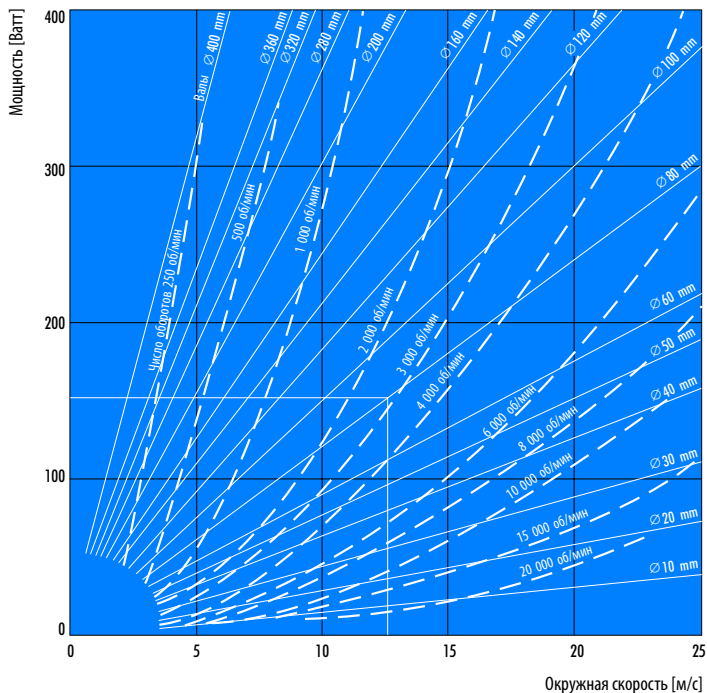


Рис. 2.16 Параметры трения манжеты Simmerring в моторном масле SAE 20, при $T=100\text{ }^{\circ}\text{C}$, Пример: \varnothing вала $d_1=80\text{ мм}$, частота вращения $n=3000\text{ об./мин}$, мощность потерь на трение ок. 150 Вт

⚠ Поэтому: необходимо обеспечить наличие достаточной смазки на уплотняющей кромке уже при первых оборотах. Отдельные конструкции подшипников качения, особенно конические роликовые подшипники, проявляют в некоторых случаях во время вращения значительный всасывающий эффект. Это может повлиять на качество смазки и повредить кромку уплотнения.

⚠ Рекомендация: еще на стадии проектирования необходимо предусмотреть соответствующие отверстия и каналы.

3.7 Трение

Все параметры, влияющие на радиальное усилие и процесс смазывания рабочей кромки, влияют на трение.

Минимальное трение достигается при минимальном контактном давлении рабочей кромки, которая обеспечивает уплотняющий эффект.

Параметры мощности трения приведены на → Рис. 2.16. Эти значения получены при полноценной смазке рабочей кромки. Указанные величины являются приблизительными характеристиками трения. Они не могут рассматриваться как абсолютные величины для каждого отдельного случая.

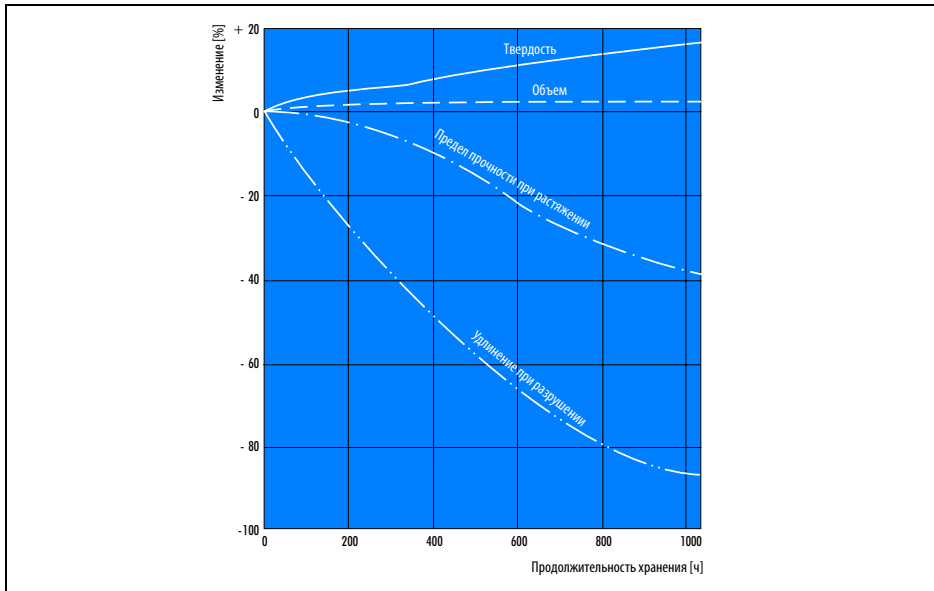


Рис. 2.17 Изменение характеристик материала NBR в зависимости от длительности хранения.
Хранение в трансмиссионном масле SAE 80 при 100 °C

4. Уплотняемые среды

2

4.1 Среда и выбор материала

Уплотняемая среда в значительной степени определяет выбор материала “Simrit” и, таким образом, форму уплотнения → SIMMERRING® – Производственная программа со стр. 1.0. Возможно уплотнение жидких, пастообразных и, в виде исключения, газообразных сред.

Уплотнение смазочных материалов, таких как:

- минеральные масла
- синтетические масла
- консистентные смазки на основе минеральных масел
- синтетические консистентные смазки,

а также рабочих жидкостей, как:

- гидравлические масла в соответствии с DIN 51524
- трудно воспламеняющиеся жидкости для создания давления согласно VDMA 24317 и VDMA 24320
- силиконовые масла с низкими смазывающими свойствами,

в особых случаях агрессивных сред с низкими смазывающими свойствами, как:

- кислоты
- щелочи
- органические растворители

4.2 Реакции между средами и материалами “Simrit”

Химическое воздействие среды на материалы “Simrit” имеет решающее значение.

Химические реакции ускоряются при повышении температуры.

Под действием среды материалы могут твердеть или размягчаться.

- Затвердевание из-за процессов старения под влиянием среды, особенно при повышенной температуре
 - Размягчение из-за набухания под влиянием среды
- Первая, часто достаточная, оценка воздействия уплотняемой среды на эластомерный материал производится на образцах путем измерения их механических свойств в лаборатории.

До и после хранения стандартных эластомерных образцов в соответствующей среде измеряются такие показатели, как

твердость, удлинение при разрыве, прочность на растяжение и объем, устанавливается их изменение, на основании чего создается диаграмма (→ Рис. 2.17).

Воздействие различных смазывающих сред (особенно при высоких температурах) становится очевидным на примере изменения удлинения при разрыве (→ Рис. 2.18).

Для оценки срока службы эластомерного материала и, соответственно, уплотнения используется величина максимально допустимого изменения:

снижение удлинения при разрыве < 50%

4.3 Предельные условия

При сочетании нескольких предельных условий, таких как:

- макс. допустимая окружная скорость (→ Рис. 2.20),
- макс. допустимая температура (→ Табл. 2.2),
- нагрузка давлением
- и особенно ограниченный отвод тепла при недостаточной смазке,

если пределы применения радиального уплотнения достигаются и превышаются, срок службы уплотнения снижается.

4.4 Минеральные масла

- Применение в автомобилях согласно классификации API и MIL:
 - моторные масла, трансмиссионные масла, гипоидные машинные масла, масла ATF для автоматических коробок передач
- Применение в различных передаточных механизмах:
 - Трансмиссионные масла CLP C, CL в соответствии с DIN 51517

Низколегированные минеральные масла проявляют в целом хорошую совместимость с материалами, применяемыми для изготовления манжет Simmerring.

Постоянно повышающиеся требования к минеральным маслам приводят к появлению все новых сочетаний легированных масел. Вследствие этого проверка на совместимость с эластомерными материалами становится еще важнее.

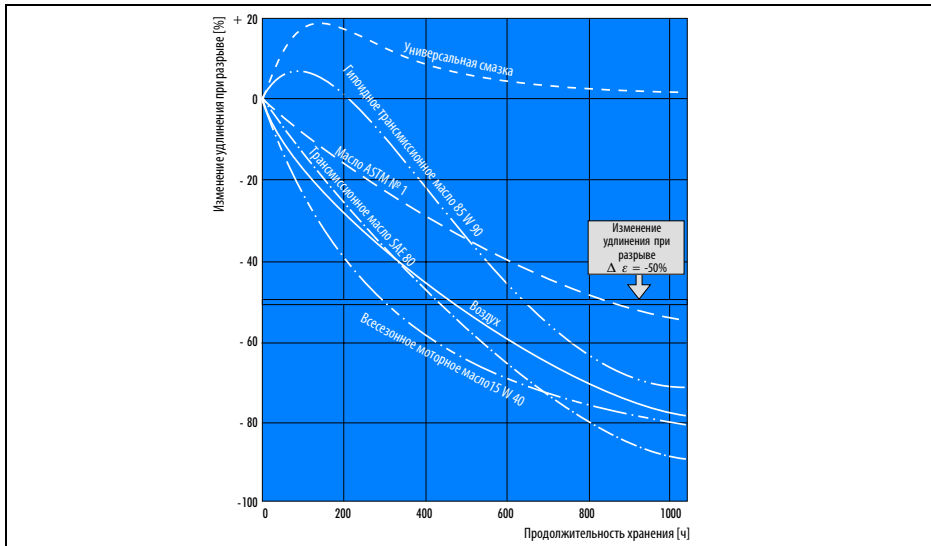


Рис. 2.18 Изменение удлинения при разрыве NBR при хранении в различных средах при 100 °C

⚠ Поэтому: принимайте во внимание специальную информацию производителей масел и в случае неуверенности проверяйте их на совместимость.

4.5 Гипоидные трансмиссионные масла

Смазывающие масла высокого давления с содержанием специальных присадок, прежде всего EP-добавок, служат для улучшения качества смазки и для предотвращения заедания подшипников и зубчатых колес.

Влияние присадок сказывается не только на краях зубцов зубчатых колес, но и на рабочей кромке. Следствием этого, при соответствующем тепловыделении, становятся отложения в области уплотняющей кромки.

⚠ Рекомендация: если необходимо применение манжет Simmerring с рабочими кромками с обратным всасывающим эффектом и применением специальных материалов, запрашивайте нас. Материалы NBR твердеют при применении присадок. "Simrit" 72 NBR 902 невосприимчив к гипоидным маслам, если температура среды не более 80 °C (→ Табл. 2.3). Материалы FKM термически, а также по отношению к различным компонентам гипоидных масел, более устойчивы.

⚠ Поэтому: до указанных предельных температур (→ Табл. 2.2) используйте радиальные уплотнения из

материала "Simrit" 75 FKM 585, конструкции BAUM и BAUMSL → SIMMERRING® – Производственная программа со стр. 1.0. Рабочие кромки этой конструкции, разработанные для случаев применения с малым трением, препятствуют повышению температуры в зоне уплотняющей кромки и предотвращают возникновение масляно-угольных отложений.

4.6 Синтетические смазки

Частично и полностью синтетические смазки (→ Табл. 2.3) используются:

- для улучшения свойств вязкости,
- для улучшения свойств при высоких температурах
- для повышения сопротивления старению

Основные применяемые масла, в целом, проявляют хорошую совместимость с эластомерами. Реакционная способность зависит от вида и массовой доли присадок, применяемых в смазках. Широкий спектр химических веществ увеличивает число факторов, влияющих на уплотнение.

⚠ Поэтому: необходимо выяснить совместимость эластомера с новыми, не проверенными маслами, в первую очередь, в ходе статистических лабораторных испытаний. Общая рекомендация для проведения испытаний: по возможности приблизиться к условиям изготовителя механизма.

	NBR	FKM	PTFE	ACM	HNBR
Устойчивость к истиранию	хорошая	очень хор.	удовл.	удовл.	очень хор.
Устойчивость при высоких тем-рах	удовл. макс. +100 °С	очень хор. макс. +200 °С (макс. +150 °С длит.температура)	макс. +200 °С (макс. +150 °С длит.температура)	хорошая макс. +100 °С	хорошая макс. +100 °С (макс. +140 °С длит.температура)
Устойчивость при низких тем-рах	до -40 °С	до -25 °С	до -80 °С	до -30 °С	до -40 °С
Устойчивость к маслу	хорошая	очень хор.	очень хор.	хорошая	хорошая
Табл. 2.2 Свойства эластомерных материалов для радиальных уплотнений					

4.7 Консистентные смазки

При уплотнении консистентной смазки условия отвода тепла, возникающего в процессе трения, менее благоприятны, чем в случае жидких сред.

⚠️ Рекомендация: в случае, если окружная скорость превышает примерно 50% от допустимых значений (материал “Simrit” 72 NBR 902, → Рис. 2.20), необходимо проверить возможность перехода на другие масла.

При уплотнении медленно вращающихся валов, смазанных консистентными смазками, рекомендуется, в соответствии с указаниями изготовителей подшипников, максимальное наполнение полости консистентной смазкой.

⚠️ Для достижения оптимального уплотняющего эффекта и предотвращения износа, рекомендуется монтировать уплотнение на одной стороне подшипника таким образом, чтобы рабочая кромка выходила наружу, с целью предотвращения возникновения повышенного давления в уплотняемом пространстве при нагревании и последующей смазке.

⚠️ При уплотнении сред с недостаточной смазкой или плохо смазывающих сред, как, например, вода и стиральные щелочи, для смазывания рабочей кромки необходимо использовать отдельное количество смазки, например, в пространстве между уплотняющей и защитной кромкой. Рекомендуется наполнение ок.50% этого пространства консистентной смазкой (→ Рис. 2.5)

⚠️ Лучше монтировать сразу два уплотнения, расположенных непосредственно друг за другом, с заполнением консистентной смазкой пространства между уплотнениями. Целесообразно проводить дополнительное смазывание.

⚠️ Для смазки рабочей кромки особенно подходят консистентные смазки с низкой температурой каплепадения:

- консистентные смазки для подшипников качения класса консистенции NGL 1 или NGL 2 согласно DIN 51818 с минимальным проникновением при качении, от 310 или 265 согласно DIN 51804 или ASTM D217-52
- рекомендация: консистентная смазка фирмы Клубер, Мюнхен (Petamo GHY 133 N).

4.8 Агрессивные среды

Для уплотнения агрессивных сред, таких как

- кислоты, щелочи, кремниевые масла для вязких сцеплений, а также химически устойчивые, фторированные масла,

в каждом случае необходимо выяснить устойчивость материала уплотнения → ОБЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ И МАТЕРИАЛЫ со стр. 17.0.

Фторэластомеры “Simrit” 75 FKM 585, “Simrit” 75 FKM 595 в большинстве случаев являются более устойчивыми, чем материалы NBR

- ⚠️ Из-за часто пониженных смазывающих свойств, необходимо предусмотреть полость для достаточного обеспечения смазкой рабочей кромки. Дополнительная смазка должна быть устойчивой к уплотняемой среде.
- При полностью сухом ходе и применении сред, по отношению к которым, эластомеры не являются достаточно стойкими, рекомендуется применение конструкции B2PT с рабочей кромкой из материала PTFE. Кроме того, при применении уплотнений с рабочими кромками из PTFE при достаточной смазке износ существенно снижается.

	Вязкость при изменении температурного режима	Предотвращение износа	Трение	Совместимость с покраской	Совместимость с уплотнением	Смешиваемость с минер. маслом	Свойства при низких температурах	Свойства при высоких температурах
Минеральное масло	0	0	+	+++	+++		0	0
Полиальфаолефин	+	0	+	+++	+++	+++	+	++
Алкил-бензол	0	0	+	+++	+++	+++	+	0
Диэстер	++		0	+	-	0	+	+
Полиэфир	++	0	++	-	0	0	++	++
Полигликоль	++	+++	+++	+	+	-	+	+++
Фосфорнокислый эфир	-	++	++	-	0	-	0	+
Кремниевое масло	+++	-	-	++	+++	-	+	+
+++ отлично; ++ очень хор.; + хор.; 0 удовл.; - плохо								
Табл. 2.3 Обзор синтетических масел								

4.9 Загрязнения уплотняемой среды

Загрязнения могут быть следующими:

- остатки формовочного песка после изготовления литых корпусов
- продукты износа вращающихся частей, например, червячных колес из бронзы в червячных передачах
- продукты распада среды

Эти загрязнения влияют негативно (в зависимости от уровня накопления) на процесс уплотнения и износостойкость уплотнений.

⚠️ Рекомендация: следите за чистотой в корпусе!

Если не удастся предотвратить контакт рабочей кромки с загрязнением (например, при вертикально стоящих валах), необходимо поставить защитную или отбрасывающую пластину или применять на входе буферный элемент (→ Рис. 2.19).

4.10 Разделение двух сред

Для гарантированного разделения двух сред одного уплотнения недостаточно.

⚠️ Поэтому: необходим монтаж двух манжет с рабочими кромками навстречу друг другу, по возможности с дренажными отверстиями между рабочими кромками.

При окружной скорости < 5 м/с рекомендуется использование особой конструкции BA DUO (1 по заказу) с двумя нагруженными рабочими кромками. Пространство между рабочими кромками заполнить примерно на 50% консистентной смазкой.

2

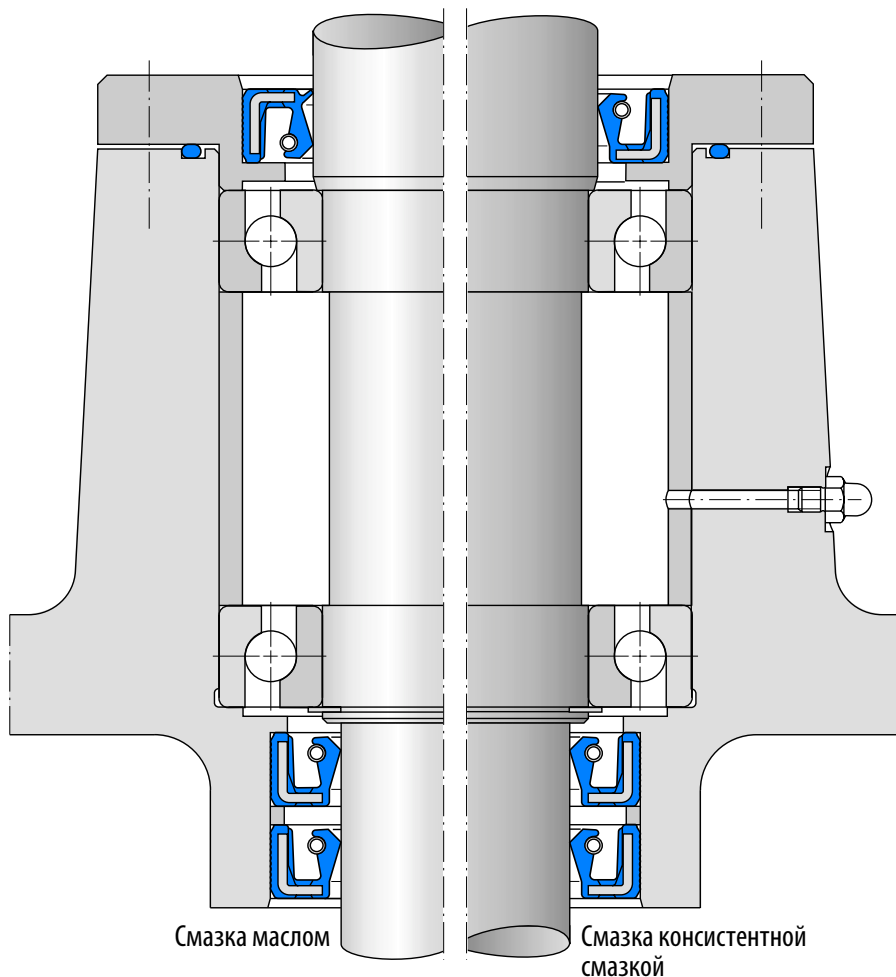


Рис. 2.19 Уплотнение вертикального вала

5. Эластомерные материалы для манжет Simmerring®

Описание материалов → ОБЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ И МАТЕРИАЛЫ со стр. 17.0 а также → Табл. 2.2.

5.1 Нитрил-бутадиен-эластомер (NBR)

Характеристики

- Широко применение в машиностроении: коробки передач, гидроагрегаты (гидронасосы, гидромоторы), двухтактные двигатели и, частично, в приводах сельхоз. и строительных машин
- NBR применяется преимущественно для уплотнения минеральных масел и консистентных смазок. В случае если стойкость указана, также для уплотнения от синтетических смазочных материалов.
- Стандартный материал “Simrit” → Гл. 17, 5.2.1 Стандартный материал для уплотнений Simmerring, стр. 17.33
“Simrit” 72 NBR 902, цвет: синий, твердость: 72 +/- Шор А

Специальные материалы (→ Гл. 17,5.2.2 Особые материалы для уплотнений Simmerring (i по заказу), стр. 17.34), например, для применения в стиральных машинах и другого применения в воде: (i по заказу).

5.2 Фторэластомер (FKM)

Характеристики:

- при требовании высокой химической и термической стойкости
- широкое применение в машиностроении: коробки передач, гидроагрегаты или двухтактные двигатели
- в двигателях
- в приводах карданных валов
- в приводах сельхоз. и строительных машин
- для уплотнения минеральных масел и консистентных смазок
- часто для уплотнения синтетических смазок в случае, если стойкость указана
- Стандартные материалы → Гл. 17, 5.2.1 Стандартный материал для уплотнений Simmerring, стр. 17.33
 - “Simrit” 75 FKM 585 (для конструкции BAUM и BAUMSL): Цвет: темно-коричневый/твердость: 75 +/- Шор А
 - “Simrit” 75 FKM 595 (для конструкции BABSLS): Цвет: коричневый /твердость: 75 +/- Шор А

(i Специальные материалы (→ Гл. 17,5.2.2 Особые материалы для уплотнений Simmerring (i по заказу), стр. 17.34) для автомобилестроения по заказу.

5.3 Политетрафторэтилен (PTFE)

Характеристики:

- не эластичный, роговидный материал
- применение в агрессивных средах, по отношению к которым, эластомеры не обладают стойкостью
- применение при сухом ходе (но: смазка уменьшает износ!)
- Стандартный материал (→ Гл. 17, 5.2.1 Стандартный материал для уплотнений Simmerring, стр. 17.33):
 - “Simrit” 561/10 для конструкции B2PT, PTFE 10% угольным наполнителем
- Специальные разработки для применения в двигателях; (i по заказу).

5.4 Гидрированный NBR-эластомер (HNBR)

Специальный материал для применения преимущественно в гидроусилителях: (i по заказу).

5.5 Полиакрилатэластомер (ACM)

Специальный материал для применения преимущественно в приводах легковых автомобилей (i по заказу)

6. Влияющие факторы

2

6.1 Окружная скорость вала

6.1.1 Расчет окружной скорости вала "V" по формуле:

$$V(\text{м/с}) = \frac{\text{диаметр вала } D(\text{мм}) \times \text{число оборотов (1/мин)} \times \pi}{60000}$$

Допустимая окружная скорость согласно → Рис. 2.20. Приведенные величины являются ориентировочными. Главным условием является достаточная смазка и хороший отвод тепла. При неблагоприятных условиях применять заниженные значения.

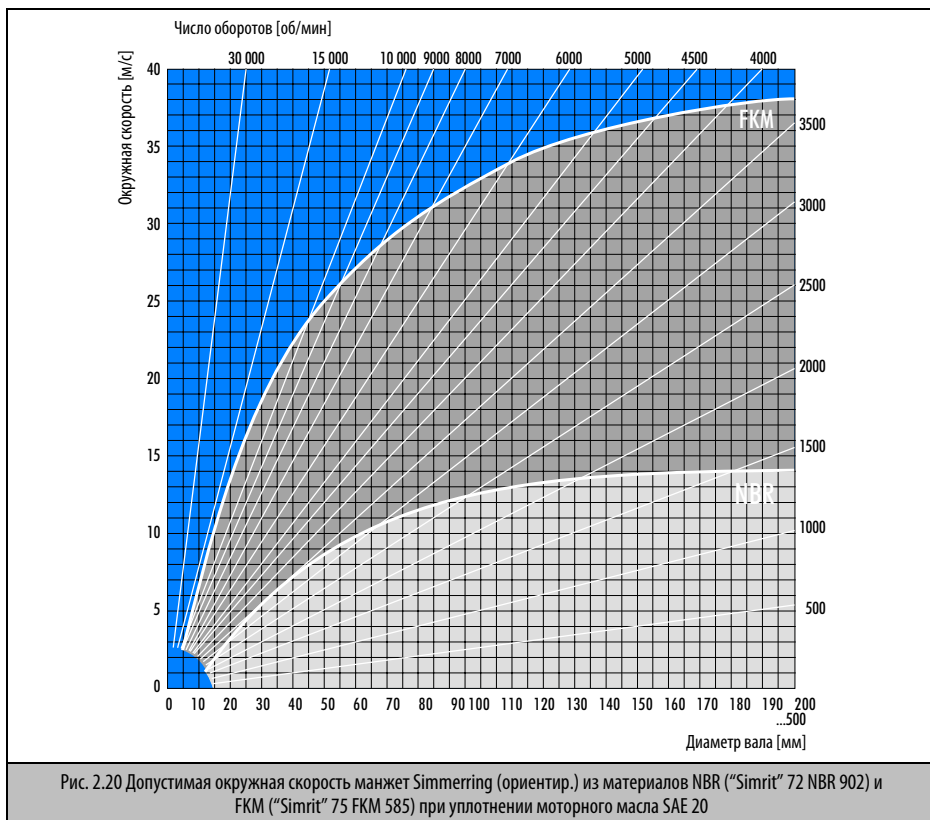


Рис. 2.20 Допустимая окружная скорость манжет Simmerring (ориентир.) из материалов NBR ("Simrit" 72 NBR 902) и FKM ("Simrit" 75 FKM 585) при уплотнении моторного масла SAE 20

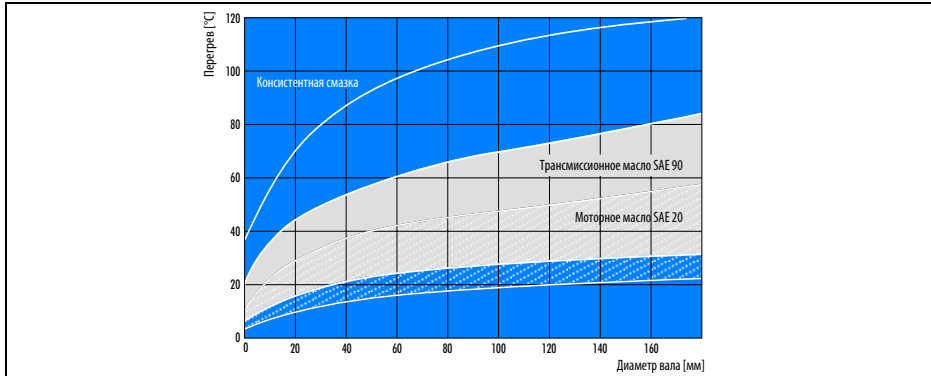


Рис. 2.21 Избыточная температура на уплотняющей кромке Simmerring при уплотнении различных сред
Температура в масляной ванне 100 °С, частота вращения 3000 об./мин.

6.2 Температура

Вследствие вращения вала и возникающей при этом мощности трения температура на уплотняющей кромке выше, чем в масляной ванне.

Уровень масла в агрегате определяет условия отвода тепла и температуру уплотняющей кромки. Область между верхней и нижней предельной кривой (→ Рис. 2.21) соответствует наиболее высоким температурам по отношению к масляной ванне при различном отводе тепла.

- нижняя предельная кривая для полного обмыва вала
- верхняя пограничная кривая при обмыве вала до 25%

Области, указанные для отдельных сред, определяются различием смазывающих свойств и теплопроводностью.

При увеличивающейся частоте вращения и, соответственно, окружной скорости температура на уплотняющей кромке увеличивается (→ Рис. 2.21) при наличии хорошей смазки и теплопроводности.

При увеличивающемся давлении на рабочую кромку соответственно повышается температура на уплотняющей кромке, график значений при полной длине вала и хорошей смазке (→ Рис. 2.26).

Превышение температуры, допустимой для отдельных материалов, приводит к:

- сильному износу,
- преждевременному затвердеванию рабочей кромки и
- уменьшению срока службы.

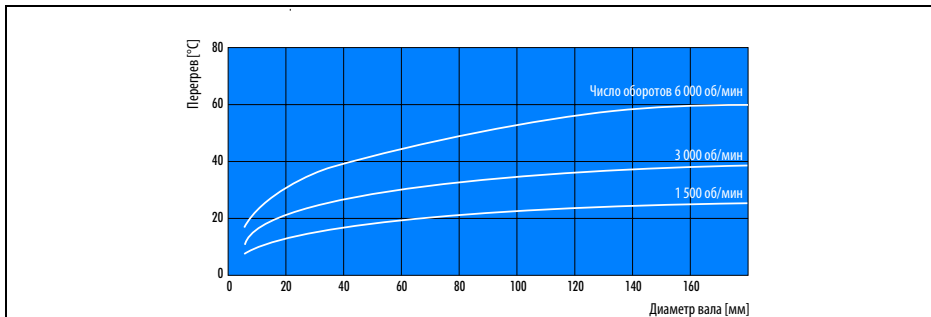


Рис. 2.22 Избыточная температура на уплотняющей кромке Simmerring в зависимости от частоты вращения
Моторное масло SAE 20, температура в масляной ванне 100 °С, уровень масла: середина вала

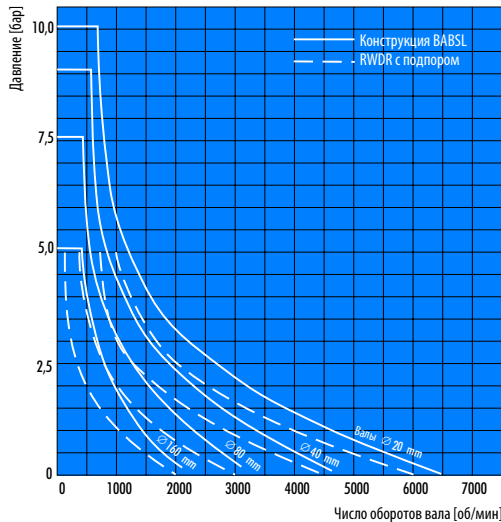


Рис. 2.23 Допустимое давление в агрегате для манжеты Simmerring (конструкция BABSL), а также для манжеты Simmerring с опорой

6.3 Давление

Манжеты Simmerring предназначены преимущественно для применения без давления, либо при очень малом давлении (см. описание отдельных конструкций в → SIMMERRING® – Производственная программа со стр. 1.0).

Максимальное рабочее давление: 0,02 до 0,05 МПа.

Рабочее давление p и окружная скорость v определяют применение уплотнений.

Для ограниченной области этих нагрузок рекомендуется применение конструкции BABSL. (→ p - v -диаграмма, → Рис. 2.23 и → SIMMERRING® – Производственная программа со стр. 1.0).

Отличительной чертой этого уплотнения является короткая, но в то же время гибкая рабочая кромка. Эта разработка позволяет уменьшить контактное давление рабочей кромки и, соответственно, трение.

Если в распоряжении нет BABSL, рабочая кромка в конструкциях без защитной кромки может быть укреплена опорным кольцом:

- Опорное кольцо должно подогнаться к профилю рабочей кромки индивидуально. Запрашивайте чертеж опорного кольца!

- Допустимые нагрузки → Рис. 2.23.

При более высоких рабочих давлениях применяются специальные конструкции с соответственно более широким спектром на p - v диаграмме. Пожалуйста, запрашивайте.

При пульсирующем давлении возможно применение конструкции BABSL, так как защитная кромка в случае пониженного давления предотвращает подсосывание с открытой стороны. Пример: двухтактный двигатель. При длительном пониженном давлении необходим монтаж второго уплотнения с рабочей кромкой, направленной наружу.

Для уплотнения вакуума необходимо смазать рабочую кромку жидкостью для гидравлических затворов (→ Рис. 2.25). Она держит вакуум, как избыточное давление держит уплотнение. Рекомендуется применение конструкции BABSL. Все манжеты Simmerring под давлением должны быть закреплены на обратной стороне, не подверженной давлению, чтобы предотвратить выпрессовку из отверстия.

⚠ Поэтому: необходимо обеспечить упор с помощью фланца, затянутого как можно ближе к валу, а также подпор опорным кольцом и стопорным кольцом (→ Рис. 2.24).

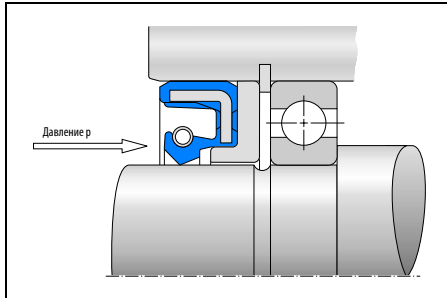


Рис. 2.24 Монтаж манжеты Simmerring с опорным кольцом

Из-за слишком высокого рабочего давления рабочая кромка очень сильно прижата к валу. Увеличивается трение, вероятность быстрого износа и преждевременного затвердевания рабочей кромки, соответственно уменьшается срок службы.

6.4 Защита от грязи

Для уплотнения от грязи, пыли и сырости на открытой стороне рекомендуется использование манжеты Simmerring с защитной кромкой.

- ⚠️ Перед монтажом полость между уплотняющей и защитной кромкой необходимо наполнить на 50% консистентной смазкой для предотвращения коррозии вала. Рекомендуется консистентная смазка фирмы Клубер, Мюнхен (Petamo GHY 133 N).
- При повышенном загрязнении рекомендуется применение двух уплотнений, установленных последовательно, а для повышенных нагрузок, вызываемых загрязнением, применение комбинированных уплотнений и кассет (→ публикация "Применение комби и кассет"). Спрашивайте у нас!

6.5 Вращающиеся манжеты Simmerring®

При монтаже уплотнений во вращающиеся корпуса необходимо учитывать меньшее контактное давление рабочей кромки ввиду действия центробежной силы. Допустимые частоты вращения → Рис. 2.27.

Действие центробежной силы может быть частично компенсировано за счет большего контактного давления рабочей кромки, а также за счет большего радиального усилия пружины.

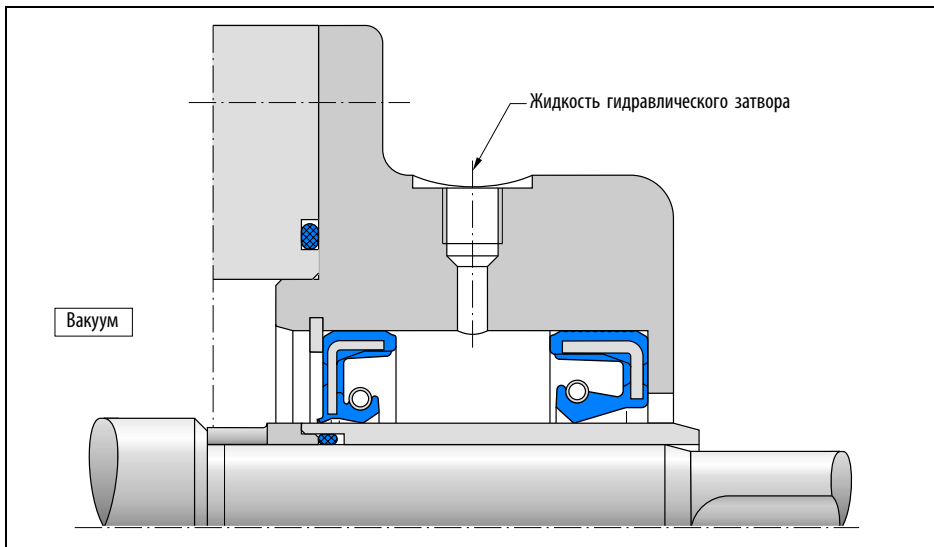


Рис. 2.25 Уплотнение вакуума

2

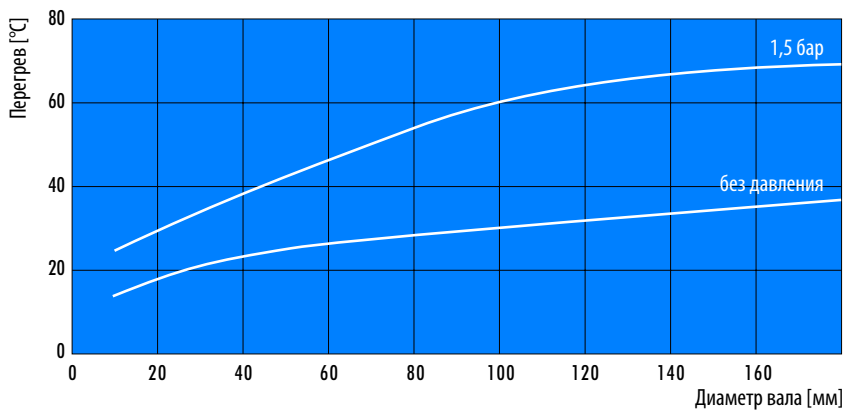


Рис. 2.26 Избыточная температура на уплотняющей кромке Simmerring при уплотнении без давления и при полном давлении, моторное масло: SAE 20, частота вращения: 3000 об/мин, уровень масла: середина вала

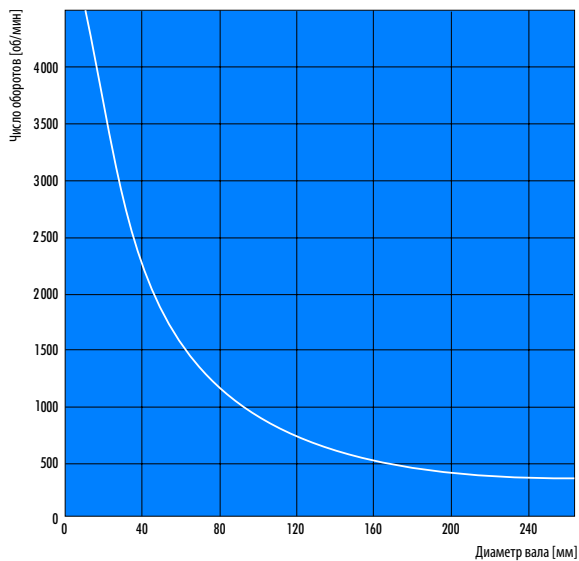



Рис. 2.27 Допустимые частоты вращения при вращающихся уплотнениях Simmerring на неподвижных валах
⚠ В случае превышения пределов, советуйтесь с нами!

6.6 Течь

Необходимо различать различные стадии течи

(→ смотрите также брошюру “Течь манжеты и ее причины”, номер заказа: 30D120;  по заявке):

- герметично:
на уплотнении не видно сырости
- наличие сырости:
в области уплотняющей кромки при работе появляется ограниченная влажная пленка, которая, однако, не выступает над поверхностью основания
- влага:
пленка выступает над основанием с образованием капель, однако, отсутствует их отделение от поверхности
- измеряемая течь:
различимое небольшое стекание на внешней стороне корпуса, исходящее из основания уплотнения
- временная течь:
кратковременный сбой в системе уплотнения, например, в виде небольшого загрязнения под уплотняющей кромкой, которое смывается при дальнейшем использовании
- мнимая течь:
временная течь, которая объясняется излишней смазкой между кромкой уплотнения и защитной кромкой. Мнимая течь на внешней стороне объясняется излишним количеством смазки.

6.6.1 Причиной измеряемой течи может быть:

- Недостаточный натяг статической части и несоответствие допусков посадки уплотнения и корпуса.
- Разрыв материала, прежде всего на уплотняющей кромке, из-за предельных условий работы.
- Растущая или слишком высокая твердость эластомера из-за предельных условий работы и несовместимости с уплотняемой средой.
- Снижающаяся или слишком малая твердость эластомера из-за его набухания, под воздействием уплотняемой среды, следствием чего является преждевременный износ уплотнения.
- Коррозия вала до уровня уплотняющей кромки и связанные с этим продолжительные сбои в уплотнительной системе.
- Отсутствие смазки с последующим “сухим ходом” и быстрым износом рабочей кромки.
- Старение пары: эластомер - уплотняемая среда.
- Образование так называемого “масляного кокса” в области уплотняющей кромки и его всплывание, следствием чего в системе уплотнения образуются сбои.
- Вибрация вала и агрегата, которые рабочая кромка не выдерживает.
- Постоянное загрязнение на рабочей кромке изнутри или снаружи, следствием чего является преждевременный износ рабочей кромки.
- Преждевременный износ рабочей кромки, из-за несоблюдения требований к рабочей поверхности вала → Поверхность вала со стр. 2.33
- Повреждение уплотняющей кромки при транспортировке, обращении или монтаже.

Эти причины расцениваются в зависимости от времени как

- ранние
- преждевременные
- в процессе работы
- полный износ изнашиваемой части уплотнения.

7. Поверхность вала

2

Структура вала в области контактной поверхности рабочей кромки как контртела оказывает решающее влияние на функцию уплотнения и срок службы системы уплотнения (→ Рис. 2.20).

7.1 Шероховатость поверхности

Допустимые величины: $R_z = 1,0$ до $5,0$ мкм
 $R_a = 0,2$ до $0,8$ мкм
 $R_{max} \leq 6,3$ мкм

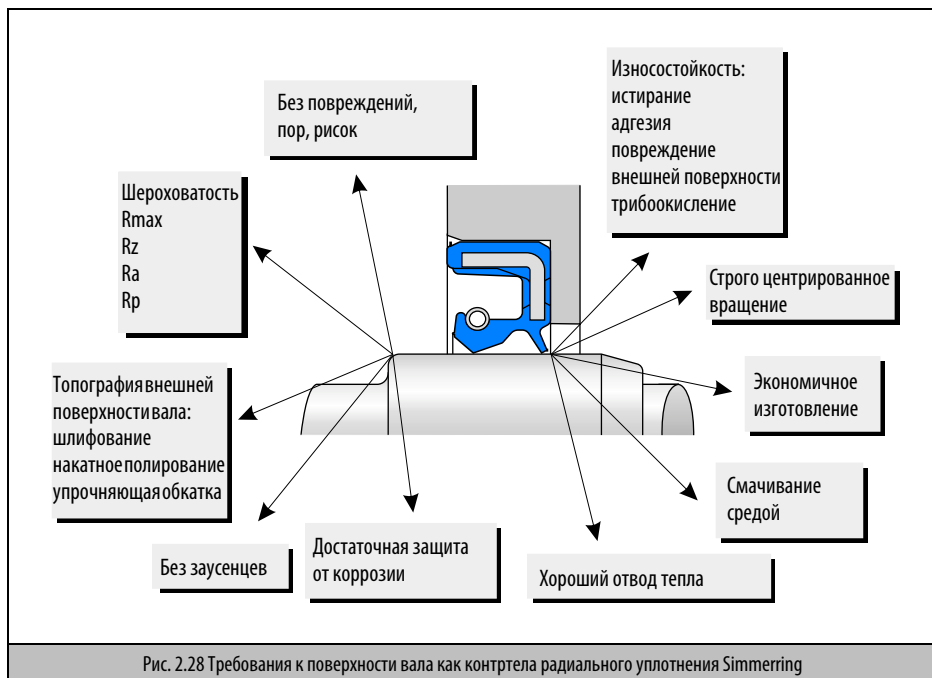
При слишком малой глубине микронеровностей профиля (особенно при высоких окружных скоростях) возникает

опасность перебоев в подаче смазки в область уплотняющей кромки, в результате чего происходит затвердевание и образование трещин, вплоть до выгорания частей уплотняющей кромки.

При слишком большой глубине микронеровностей профиля возникает опасность для процесса уплотнения из-за преждевременного износа рабочей кромки и большой шти.

7.2 Допуски

Допуски для вала: ISO h 11
 Допуски круглости: IT 8





7.3 Твердость

Твердость поверхности: >45 HRC

При загрязнении среды, внешнем загрязнении или окружающих скоростях >12 м/с:

- Твердость поверхности ок. 60 HRC
- Глубина закалки >0,3 мм

7.4 Обработка вала

Правильная обработка вала является определяющим фактором для успешной работы системы уплотнения.

Подробную информацию Вы найдете в нашей брошюре:

→ “Обработка поверхностей валов для радиальных уплотнений вала”, номер заказа: 30 D 050; поставляется по заказу.

7.4.1 Врезное шлифование

Преобладающим методом является врезное шлифование, так как этот процесс после полной обработки поверхности шлифовальным кругом обеспечивает требуемое отсутствие спиральной структуры на валу.

Параметры процесса и их воздействие (→ Табл. 2.4)

7.4.2 Упрочняющая обкатка

Преимущественно применяется для валов, вращающихся в одном направлении, чтобы использовать спираль, появляющуюся в процессе обработки, в форме входящей винтовой резьбы, для поддержки обратного отсоса через уплотнение.

Успех применения этого метода зависит от:

- соблюдения параметров процесса (→ Табл. 2.4/ → Табл. 2.5)
- для того, чтобы всасывающее действие уплотнения (→ Рис. 2.14) превышало влияние остаточных винтовых линий на поверхности вала. Рекомендуется проводить испытания агрегата.

Преимуществом применения этого метода является его экономичность.

Дополнительная информация → смотри вышеуказанную брошюру, запрашивайте нас при помощи информационного листа.

Перечень параметров процесса	Влияние процесса	Оптимальное значение параметров	Примечание
Соотношение частоты вращения Шлифовальный диск/ обрабатываемая деталь	может вызвать появление спиралей	не целое число, например 10,5:1	проверять во время процесса
Число оборотов детали Число оборотов шлифовального диска		30–300 об./мин. 1500–1700 об./мин.	инструмент и деталь должны вращаться в противоположных направлениях
Подача правильного инструмента	влияет на шаг винтовых линий	<0,02 мм/оборот	проходить только в одном направлении
Правка абразивного инструмента	может вызвать спиральную структуру	алмаз/4 зерна алмаз/1 зерно	
Подача правильного круга	влияет на величину шероховатости и спиральную структуру	ок. 0,02 мм	
время полной обработки	влияет на поперечное сечение всасывающей спирали	полная обработка минимум 30 с	типичная причина появления спиральных поверхностей
Глубина правки	может вызвать течь	> R _{max} от предыдущего процесса обработки	
Шлифовальный диск/ зернистость	влияет на параметры шероховатости R _{max} , R _z и R _a	Пример: 60–100 Благородный корунд 60KL8V25 (белый) Размеры 400 x 50 x 127	
Соосность инструмента и детали	может вызвать на поверхности спиральную структуру	соосность как можно меньше	

Табл. 2.4 Параметры обработки для шлифованной поверхности вала

Параметры	Значения
Подача	0,03–0,10 мм
Скорость резания	100–300 м/мин
Радиус	0,4–1,2 мм
Глубина реза	макс. 0,15 мм
Материал шлифовального круга	CBN (куб.-бор-нитрид)
Твердость	55–62 HRC
Требования к обработанным поверхностям	$R_a=0,1-0,8$ мкм, $R_z=1-8$ мкм, $R_{max} \geq 8$ мкм
⚠ Не допускаются повреждения стружкой либо тупым инструментом	
Табл. 2.5 Параметры обработки для обточенных валов	

Метод контроля рис. 2.29 со следующими параметрами:	Процесс контроля
Положение вала: расположить горизонтально	1. Вал слегка смочить маслом
Виды смазок: Вал смочить жидким маслом (напр., пентосин CHF 11S)	2. Подвесить нить с грузом
Нить: конский волос, леска 0,1 мм	3. Вал повернуть несколько раз
Угол охвата вала нитью: $>180^\circ, <270^\circ$	4. Провести карандашом на нижней стороне вала осевую линию
Вес: 30 г для валов- $\varnothing < 100$ мм	5. Вал повернуть примерно 20 раз
	6. Осевую линию проверить на предмет стирания
Частота вращения: ок. 20 об/мин с изменением направления вращения	7. Процесс повторить при противоположном вращении
	8. При отсутствии спирали стирания не происходит

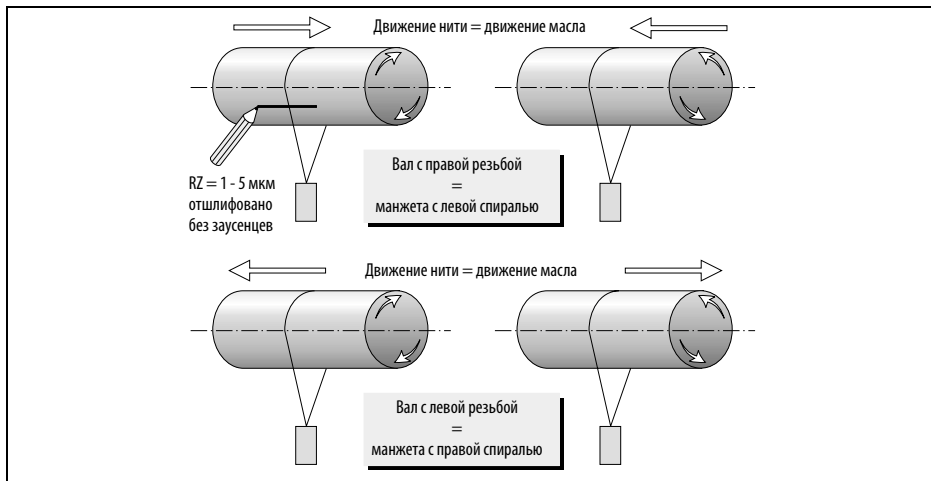


Рис. 2.29 Определение спиральной микроструктуры на валу

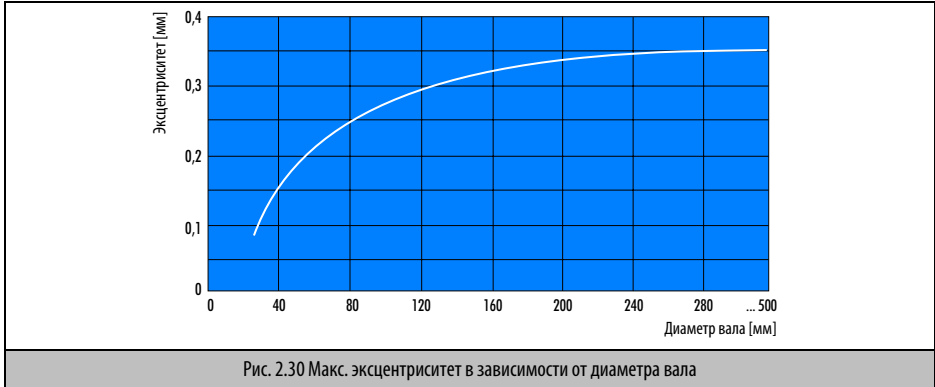


Рис. 2.30 Макс. эксцентриситет в зависимости от диаметра вала

7.4.3 Прочие методы:

- накатное полирование
- струйная обработка
- хонингование, суперфиниширование и обработка наждаком

Эти методы мало подходят для манжет Simmerring. Дополнительную информацию смотри в вышеуказанной брошюре.

7.5 Вал без микроструктуры

Для шлифованных валов требуется безупречная конечная обработка. Ее необходимо проверить на отсутствие спирали (→ Рис. 2.29).

7.6 Материал вала
подходят:

- сталь, применяемая в машиностроении, например, C35 и C45
 - Литые материалы, такие как шариковый графит и ковкий чугун (условие: отсутствие литейных раковин и глубина пор < 0,05 мм)
 - Нанесенные слои твердых металлов (условие: глубина пор < 0,05 мм и хорошая адгезия с основным материалом)
 - Хорошо зарекомендовали себя покрытия, нанесенные методом CVD (химическим осаждением из паровой фазы) и PVD (конденсацией из паровой фазы), а также слои, нанесенные анодированием.
- ⚠ Величины шероховатости должны выдерживаться.

Для уплотнения воды при низких окружных скоростях применяются цветные металлы, например, MS 58 H. Еще лучше нержавеющая сталь, например, №№ материалов 1.4300 и 1.4112 (закаливающиеся).

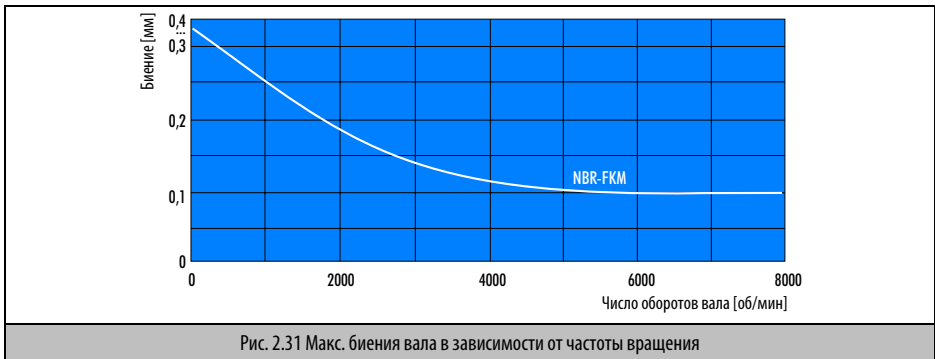


Рис. 2.31 Макс. биеение вала в зависимости от частоты вращения

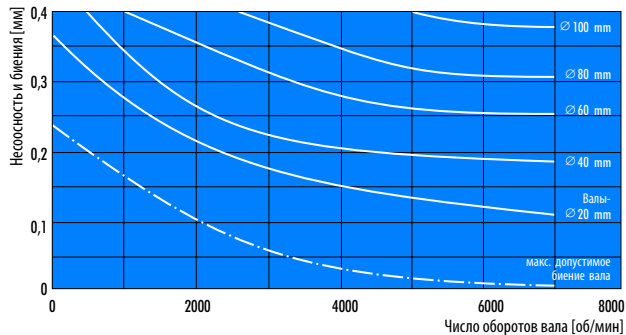


Рис. 2.32 Несоосность и биения в зависимости от частоты вращения для конструкции BABSL

Керамические втулки отличаются высокой износостойкостью и хорошо себя зарекомендовали в особых случаях применения.

Обязательным является соблюдение значений шероховатости и адгезия к основному материалу.

Не подходят в принципе:

- Покрытие твердым хромом (из-за частично неравномерного износа)
- Пластмассы (из-за низкой теплопроводности нарушается отвод тепла и на уплотняющей кромке возникает высокая температура, возможно размягчение).

7.7 Повреждения вала

Царапины, вмятины, ржавчина и прочие повреждения в области рабочей поверхности уплотнения приводят к течи.

⚠ Поэтому: строго следите за соблюдением мер по защите вала от момента изготовления до заключительного монтажа, используйте специальную упаковку.

7.8 Соосность

Эксцентриситет, или несоосность, между валом и приемным отверстием приводит к неравномерному распределению контактного давления и перекосу вала по его окружности. Нагрузка рабочей кромки с одной стороны приводит к большей ширине рабочего следа. Отсутствие контактного давления на противоположной стороне вала приводит к потере свойств уплотнения.

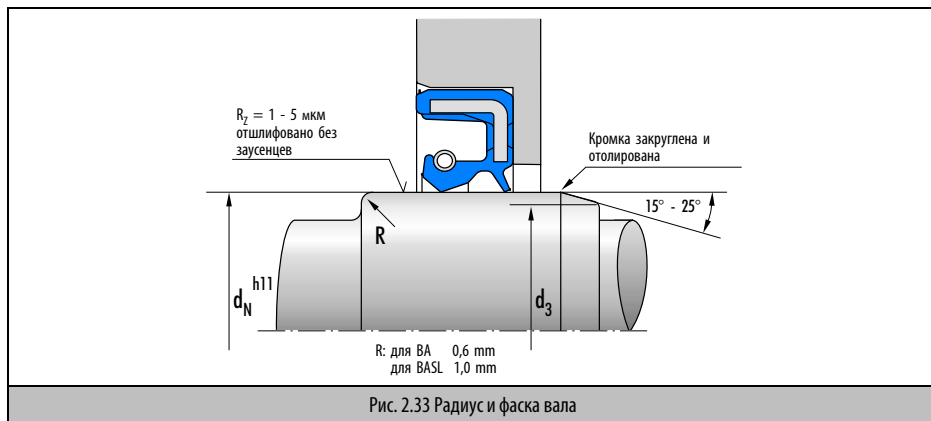
Допустимые значения → Рис. 2.30.

7.9 Биение вала

Биения вала и динамический эксцентриситет должны, по возможности, предотвращаться. При высокой частоте вращения возникает опасность, что рабочая кромка вследствие своей инерции не может больше следовать за валом. Возникающее при этом увеличение зазора между уплотняющей кромкой и валом иногда приводит к течи.

⚠ Поэтому: зазор в подшипнике должен быть как можно меньше. Уплотнение необходимо установить в непосредственной близости от подшипника. Допустимые величины биения → Рис. 2.31. Для конструкции BABSL действительны ограниченные величины (→ Рис. 2.32).

Общая величина биений и несоосности должна быть <math><0,4\text{ мм}</math>



2

7.10 Фаска

Рекомендуемая величина: угол 15° до 25° (→ Рис. 2.33)

Диаметр d_3 фаски (→ Рис. 2.33 и → Табл. 2.6)

2

d_N (мм) h_{11}	d_3 (мм)	d_N (мм) h_{11}	d_3 (мм)	d_N (мм) h_{11}	d_3 (мм)
6	4,8	65	61,0	340	329,0
7	5,7	68	63,9	360	349,0
8	6,6	70	65,8	380	369,0
9	7,5	72	67,7	400	389,0
10	8,4	75	70,7	420	409,0
11	9,3	78	73,6	440	429,0
12	10,2	80	75,5	460	449,0
14	12,1	85	80,4	480	469,0
15	13,1	90	85,3	500	489,0
16	14,0	95	90,1		
17	14,9	100	95,0		
18	15,8	105	99,9		
20	17,7	110	104,7		
22	19,6	115	109,6		
24	21,5	120	114,7		
25	22,5	125	119,4		
26	23,4	130	124,3		
28	25,3	135	129,2		
30	27,3	140	133,0		
32	29,2	145	138,0		
35	32,0	150	143,0		
36	33,0	160	153,0		
38	34,9	170	163,0		
40	36,8	180	173,0		
42	38,7	190	183,0		
45	41,6	200	193,0		
48	44,5	210	203,0		
50	46,4	220	213,0		
52	48,3	230	223,0		
55	51,3	240	233,0		
56	52,3	250	243,0		
58	54,2	260	249,0		
60	56,1	280	269,0		
62	58,1	300	289,0		
63	59,1	320	309,0		

Табл. 2.6 Фаска вала (d_3 = начальный диаметр фаски)

8. Посадочное отверстие

8.1 Шероховатость

Допустимые величины: для конструкций VA и BASL

R_{\max}	<	25 мкм
R_a	=	1,6 до 6,3 мкм
R_z	=	10 до 25 мкм

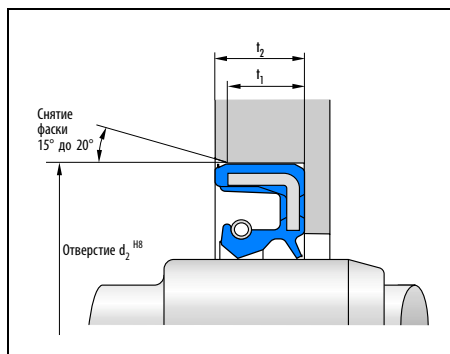
Для конструкций B1 и B1SL, B2 и B2SL

R_{\max}	<	16 мкм
R_a	=	0,8 до 3,2 мкм
R_z	=	6,3 до 16 мкм

8.2 Допуски

ISO H8 (→ Рис. 2.34)

8.3 Глубина



b	t_{1min} (0,85 x b)	t_{2min} (b + 0,3)
7	5,95	7,3
8	6,8	8,3
10	8,5	10,3
12	10,3	12,3
15	12,75	15,3
20	17,0	20,3

Рис. 2.34 Глубина и фаска посадочного отверстия

8.4 Фаска

Рекомендуемая величина: угол 15° до 20° (→ Рис. 2.33)

Переходы необходимо выполнять без заусенцев

Длина фаски в соответствии с DIN 3760

8.5 Тепловое расширение

При нагревании натяг между корпусом и уплотнением уменьшается, прежде всего, в корпусах из легкого металла, пластмассы и т.д.

⚠ Поэтому в этих случаях рекомендуется применение конструкции VA, так как эти изделия из-за большего натяга и более высоких коэффициентов теплорасширения быстрее согласуются с растяжением корпуса.

8.6 Разъемные корпуса

Необходимое компенсирование возможного смещения на стыке лучше всего достигается при применении конструкции VA.

8.7 Устойчивость

При монтаже манжеты Simmerring в тонкостенные приемные отверстия или приемные отверстия с малой упругостью или прочностью возникает опасность того, что корпус расширится и разорвется.

Поэтому необходимо применять конструкцию VA и, если потребуются, измените допуск отверстия на F8.

9. Манжета Simmerring® с рабочей кромкой из PTFE (B2PT)

2

9.1 Конструкция

- Между двумя металлическими корпусами из нержавеющей стали плотно посаженная уплотнительная манжета из PTFE (→ Рис. 2.35).
- Для оптимального статического уплотнения между манжетой из PTFE и внутренним металлическим корпусом применяется кольцо круглого сечения из материала FKM.
- Рабочая кромка поддерживается на радиально обработанном плече металлического корпуса давлением на корпус.
- Внутренний диаметр точно центрируется по отношению к внешнему, рабочая кромка вытягивается ближе к уплотняемой среде.

9.2 Материалы

Металлический корпус: нержавеющая сталь в соответствии с номером материала 1.4571 (X10 Cr Ni Mo Ti 1810)

- Кольцо круглого сечения: Фторэластомер FKM с высокой химической устойчивостью и оптимальным статическим уплотняющим действием.

- Рабочая кромка: очень износостойкий, PTFE-компаунд с малым трением и угольным наполнителем из материала “Simrit”: PTFE 561/10

9.3 Работа

- Наложение рабочей кромки PTFE на вал с шириной рабочего следа 2,5 мм
- Достижение необходимого контактного давления благодаря постоянному эффекту памяти PTFE: теплота трения, возникающая в рабочем состоянии, создает условия, при которых рабочая кромка приобретает прежнюю форму. Поэтому можно отказаться от применения пружины.
- При интенсивной работе с высокими требованиями к герметичности необходимо применять специальные уплотнения из PTFE с интегрированной обратной спиралью. Пожалуйста, запрашивайте.

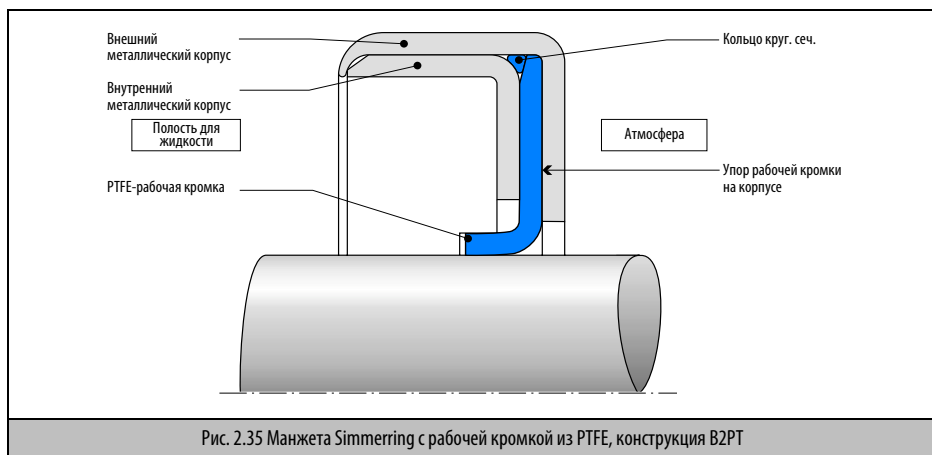


Рис. 2.35 Манжета Simmerring с рабочей кромкой из PTFE, конструкция B2PT

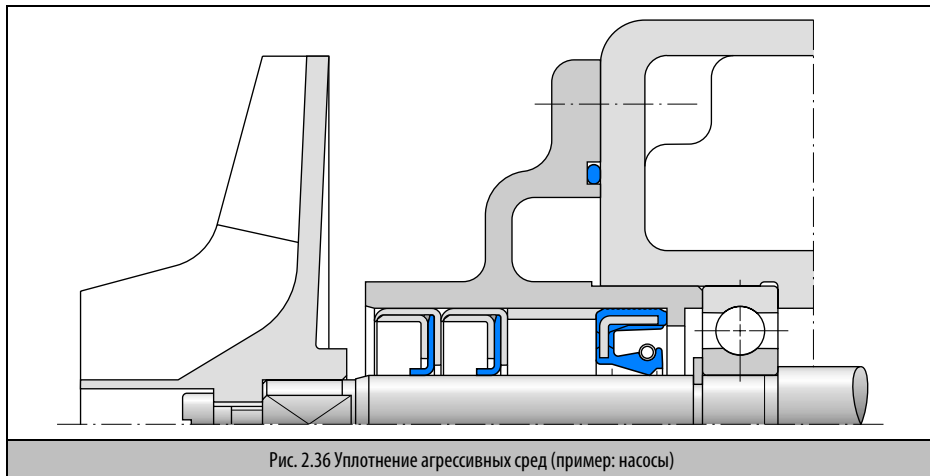


Рис. 2.36 Уплотнение агрессивных сред (пример: насосы)

9.4 Пределы применения

- термическая нагрузка от $-130\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+200\text{ }^{\circ}\text{C}$
- по сравнению с эластомерами отсутствует прилипание и выскальзывание
- можно использовать при недостаточной смазке и “сухом ходе”
- Окружная скорость: макс. до 30 м/с

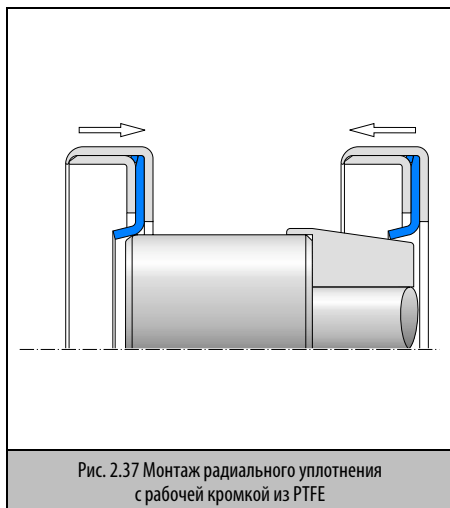





Рис. 2.37 Монтаж радиального уплотнения с рабочей кромкой из PTFE

-  Выдерживает давление, в зависимости от воздействия прочих условий эксплуатации, до 1 МПа. При одновременном максимальном проявлении предельных значений рекомендуется проводить производственные испытания на безопасность работы.
- устойчивость к агрессивным средам, таким как кислоты, щелочи, растворители. Исключение: обычный фтор и расплавленные щелочные металлы.
- применяется в воде, с растворами чистящих веществ, парах, охлаждающих жидкостях и эмульсиях
- можно применять для уплотнения порошков, гранулатов, клеев и смол
- применяется в фармакологии и пищевой промышленности
- в минеральных и синтетических маслах, консистентных смазках
-  Однако, динамический процесс уплотнения частично ограничен
- Пример монтажа конструкции В2РТ в насосе (→ Рис. 2.36)

9.5 Монтаж

Для монтажа радиального уплотнения с рабочей кромкой из PTFE действуют те же правила, что и для радиального уплотнения с рабочей кромкой из эластомера согласно DIN 3760.

-  Важно, чтобы рабочая кромка из PTFE, особенно во время сборки лицевой стороной в направлении монтажа, не была повреждена. Рекомендуется использовать монтажный толкатель с фаской от 10° до 15° (→ Рис. 2.37).

10. Simmerring® MSC

2

10.1 Введение

MSC 01 или MSC 02 являются осевыми уплотнениями, которые в первую очередь берут на себя функцию буферного элемента против сильного загрязнения. Осевое уплотнение давно известно в машино- и приборостроении и, прежде всего, зарекомендовало себя при сильном накоплении пыли, грязи, а также водяных брызг. MSC имеет металлический корпус, который защищает эластомерное уплотнение от механического воздействия.

10.2 Функция уплотнения

MSC 01 и MSC 02 состоят из металлической несущей части и эластомерного уплотнения. В качестве рабочей поверхности для осевого уплотнения служит гладкое металлическое основание радиального уплотнения или металлическая поверхность корпуса. Уплотнение прочно сидит на валу и должно монтироваться на определенном расстоянии (→ Табл. 2.7). Кроме того, MSC берет на себя функцию щелевого и лабиринтного уплотнения.

10.3 Контртело (поверхность перемещения)

Контртелом для MSC служит хорошо обработанная (проточенная, отшлифованная) поверхность. Величина шероховатости R_z для этой поверхности должна лежать между 1–5 мкм.

10.4 Подготовка вала

MSC не требует осевой фиксации, она образуется за счет прессовой посадки между металлическим корпусом и валом. В качестве допусков для вала можно взять ISO h9. Шероховатость поверхности R_z вала должна лежать в пределах 1–5 мкм. Чтобы обеспечить меньшее монтажное усилие и облегчить посадку MSC, на валу необходимо сделать фаску 20°.

10.5 Монтаж

Осевое эластомерное уплотнение необходимо перед монтажом слегка смазать консистентной смазкой. Таким образом уменьшается трение и предотвращается прилипание при длительном простое. Пространство между MSC и корпусом смазкой не заполняется.

MSC монтируется с помощью специального инструмента с металлическим хомутиком, чтобы уплотнение приняло правильное положение. Монтаж с помощью молотка (по корпусу) не допускается.

10.6 Материалы уплотнения

→ ОБЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ И МАТЕРИАЛЫ со стр. 17.0

10.7 Монтажные размеры

→ Табл. 2.7 на стр. 2.44

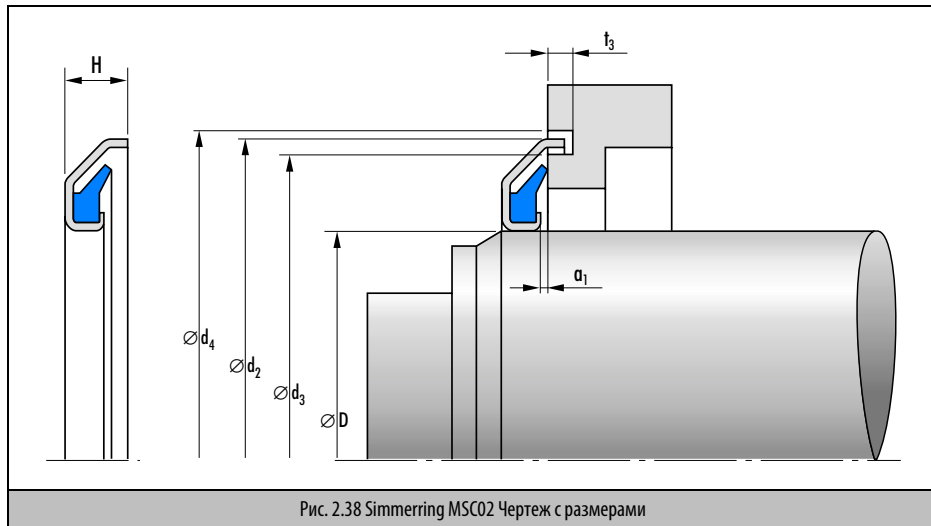


Рис. 2.38 Simmerring MSC02 Чертеж с размерами

MSC...	Размер вала (d ₁)	Наружный Ø (d ₂)	Высота (b)	Расстояние (a ₁)	Глубина канавки (t)	Отверстие корпуса (макс. d ₂)	Ø внутренней стороны канавки (d ₃)	Ø внешней стороны канавки (d ₄)
02-15	15	32	6	1	3	21	29	34
02-17	17	34	6	1	3	23	31	36
02-20	20	37	6	1	3	26	34	39
02-25	25	42	6			31	39	44
02-30	30	48	6,5	1	3	37	45	50
02-35	35	53	6,5	1	3	42	50	55
02-40	40	58	6,5	1	3	47	55	60
02-45	45	63	6,5	1	3	52	60	65
02-50	50	72	7,5	1	3	58	68,5	74
02-55	55	77	7,5	1	3	63	73,5	79
02-60	60	82	7,5	1	3	68	78,5	84
02-65	65	87	7,5	1	3	73	83,5	89
02-70	70	92	7,5	1	3	78	88,5	94
02-75	75	97	7,5	1	3	83	93,5	99
02-80	80	102	7,5	1	3	88	98,5	104
02-85	85	107	7,5	1	3	93	103,5	109
02-90	90	112	7,5	1	3	98	108,5	114
02-95	95	117	7,5	1	3	103	113,5	119
02-100	100	122	7,5	1	3	108	118,5	124

Табл. 2.7 Simmerring MSC02 Монтажные размеры

11. Обращение и монтаж

манжет Simmerring®

2

Список возможных повреждений при обращении и монтаже уплотнений должен служить для их выявления и устранения по следующим основным пунктам → 11.6 Устранение неполадок, стр. 2.49:

- Поступление товара
- Хранение
- Транспортировка
- Временное хранение на месте монтажа
- Подготовка к монтажу
- Место монтажа
- Место использования
- Отверстие корпуса
- Обращение с агрегатами

11.1 Обращение


По поводу возможных повреждений существует много указаний, которые, на первый взгляд, кажутся тривиальными, но на практике ими часто пренебрегают. Приведем лишь несколько наиболее распространенных примеров:


- Обратите внимание, не повреждена ли упаковка
- По возможности, оставляйте уплотнения в упаковке вплоть до монтажа
- Не разбрасывайте уплотнения после снятия упаковки
- Примите меры по защите от грязи и пыли
- Смазанные уплотнения храните изолированно или накройте их
- Применяйте только чистую смазку или масло
- Избегайте избыточного смазывания
- Не допускайте контакта уплотняющей кромки с острыми предметами и неисправным инструментом
- Избегайте металлической стружки
- На валу недопустимы фаски и отверстия с острыми углами
- Недопустимы повреждения и коррозия на валу и в отверстии
- Вал и отверстие должны находиться на одной линии


11.2 Уплотняемое место


Для преобладающего числа случаев применения необходимо только одно уплотнение.

В случае с вертикально либо наклонно поставленными валами для уплотняемых мест, лежащих ниже уровня масла, рекомендуется использование двух уплотнений, расположенных последовательно друг за другом.

 Пространство между уплотнениями используется как смазочная полость. Рекомендуется создание условий для постоянного смазывания.

 Радиальное уплотнение может применяться только для цели уплотнения и непригодно для использования в качестве направляющей для деталей механизмов либо для передачи осевых сил.

 Радиальное уплотнение и соответствующее рабочее место вала нужно смазать еще до монтажа, чтобы обеспечить смазку при первых оборотах вала.

 В агрегате не должно создаваться недопустимо высокое давление. Слишком высокое давление сокращает срок службы. Если отсутствует достаточное пространство для расширения, корпус должен вентилироваться.

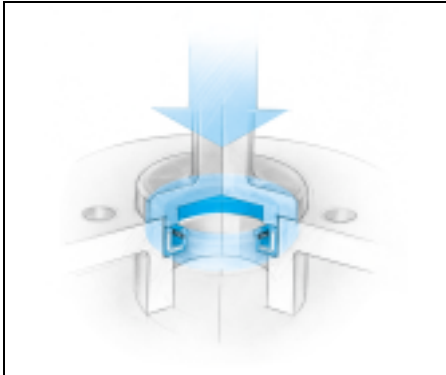


Рис. 2.39 Монтаж гидравлическим или пневматическим запрессовочным пуансоном

⚠ Диаметр металлического упора на 5–10 мм больше чем внешний диаметр (d_2) уплотнения.



Рис. 2.40 Монтаж основанием вперед

⚠ Внешняя часть- \varnothing монтажного толкателя на 0,5 мм меньше, чем внутренняя облицовка- \varnothing уплотнения
В случае необходимости спрашивайте нас!

11.3 Запрессовка в корпус

Мы рекомендуем запрессовку в отверстие при помощи механического, пневматического или гидравлического приспособления для запрессовки и прессовочного пуансона (→ Рис. 2.39).

Ось прессовочного пуансона соответствует оси отверстия. Перекос недопустим (→ Рис. 2.41).

Во время посадки должен быть ограничитель хода пуансона (пуансон – корпус) (→ Рис. 2.39, → Рис. 2.40). Если это невозможно, необходимо обеспечить упор на нижней части монтажного приспособления. Особенно при монтаже “основанием вперед” необходимо приложить усилие как можно ближе к внешнему диаметру уплотнения. Диаметр прессовочного пуансона должен быть соответственно большим (→ Рис. 2.39, → Рис. 2.40). В случае необходимости, спрашивайте нас.

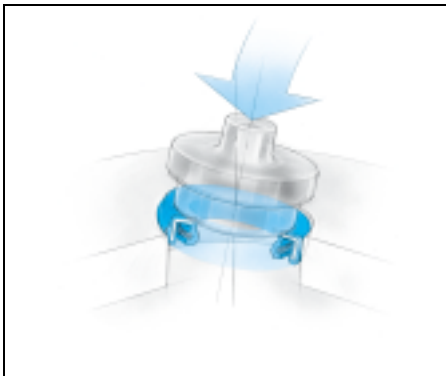


Рис. 2.41 Монтаж с перекосом недопустим

❌ НЕПРАВИЛЬНО!

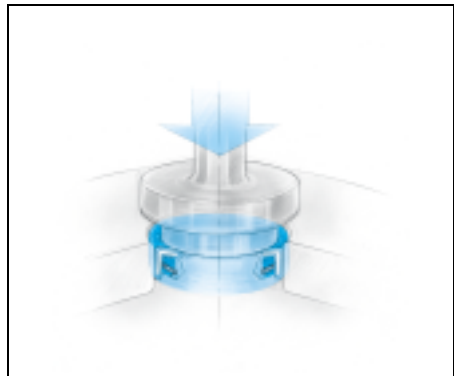


Рис. 2.42 Слишком малый диаметр прессовочного пуансона

❌ НЕПРАВИЛЬНО!

2



Рис. 2.43 Допустимый монтаж молотком

⚠ Применяйте монтажную пластину!



Рис. 2.44 Недопустимый монтаж молотком

❌ НЕПРАВИЛЬНО!

При слишком малом диаметре прессовочного пуансона существует опасность того, что уплотнение деформируется (→ Рис. 2.42).

При монтаже молотком (часто большие уплотнения) необходимо применять монтажную пластину (→ Рис. 2.43).

При слишком большой точечной нагрузке во время монтажа существует опасность деформации уплотнения (→ Рис. 2.44). При вклеивании уплотнения в корпус клей ни в коем случае не должен попасть на вал или рабочую кромку.

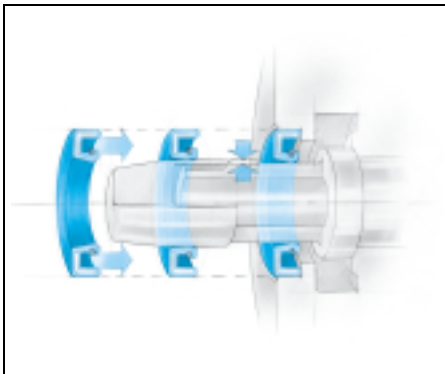


Рис. 2.45 Монтаж через шлицевой конец вала (также при остроугольных уступах вала)

11.4 Монтаж вала

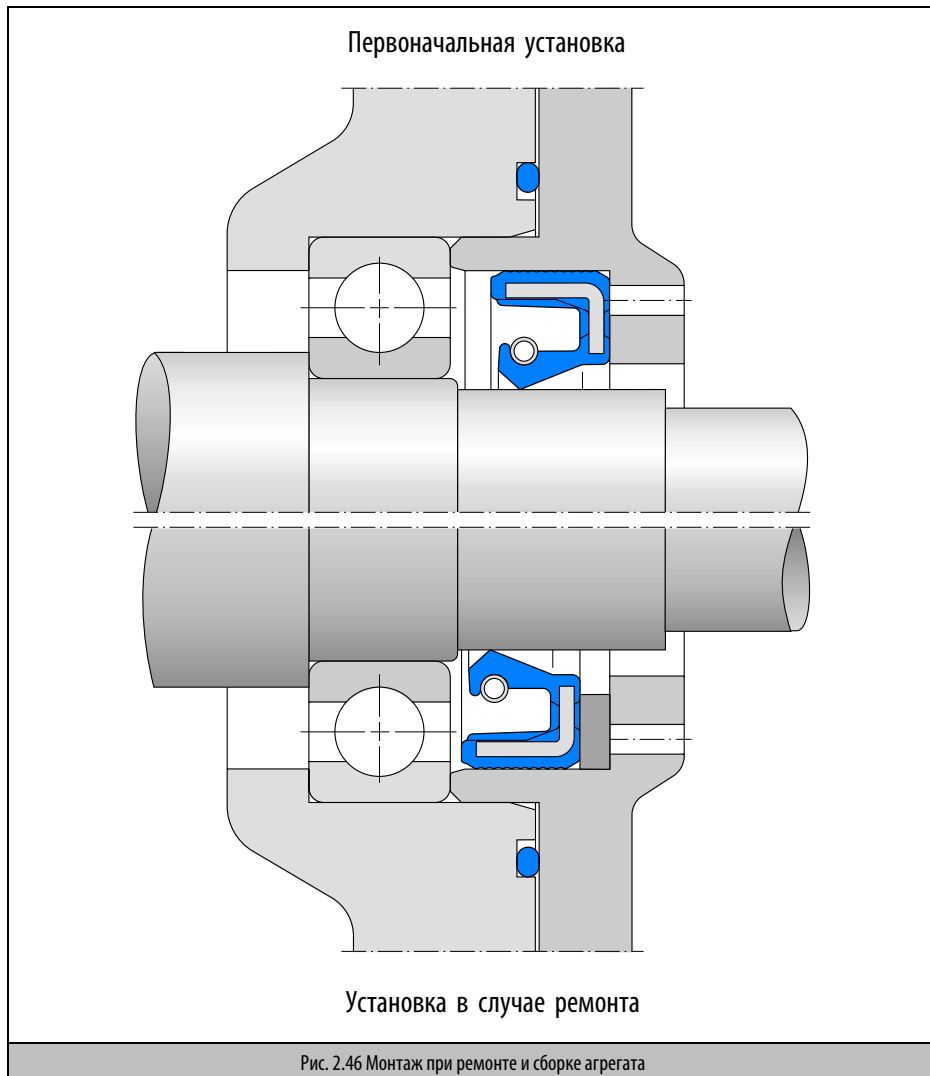
- При монтаже через шлицевой конец вала канавку на валу необходимо закрыть защитным чехлом (→ Рис. 2.45), чтобы избежать повреждения рабочей кромки.
- Толщина стенки защитного чехла <math><0,5\text{ мм}</math>, чтобы избежать чрезмерного растяжения рабочей кромки.
- При монтаже части агрегата с уже поставленным уплотнением необходимо применять центровочный болт во избежание перекоса и повреждения рабочей кромки.
- При монтаже длинного вала рекомендуется применение направляющей пластины для параллельного перемещения вала, чтобы избежать недопустимую деформацию рабочей кромки.
- Если части агрегата проталкиваются при прессовой посадке через рабочую поверхность с таким же номинальным диаметром, диаметр рабочей поверхности должен быть уменьшен на 0,2 мм, чтобы избежать ее повреждения. Функция уплотнения при уменьшении диаметра не ухудшается.

11.5 Замена Simmerring®

- При ремонте или разборке агрегата все уплотнения должны быть в любом случае заменены.
- Рабочая кромка нового кольца не должна входить в контакт с прежним рабочим местом. Для этого

необходимо принять следующие меры:





- монтаж дистанционных колец (→ Рис. 2.46)
- замена втулок вала или
- выбор иной глубины запрессовки в отверстие.



11.6 Устранение неполадок

(источники неполадок и их устранение)

Мы приводим список возможных источников повреждений во время монтажа и обращения с радиальными уплотнениями. Это должно помочь нашим клиентам заблаговременно принять меры по их распознаванию и устранению. Пользуйтесь нашими техническими советами.





Источник неполадки 	Возможная неполадка	Последствия для функции уплотнения 	Причина неполадки 	Меры по устранению 
---	---------------------	---	--	---

11.6.1 Поступление товара

Повреждение упаковки	Загрязнение радиальных уплотнений	От малого срока службы до случайной течи	Не в порядке упаковка для транспортировки	Проверка деталей на предмет загрязнения, визуальные изменения (по размерам), улучшить обращение, оптимизировать упаковку
----------------------	-----------------------------------	--	---	--

**11.6.2 Хранение (большие количества, длительное время)/
Временное хранение (количество, подготовка к монтажу)**

Несоблюдение условий хранения согласно DIN 7716	Монтаж дефектных радиальных уплотнений	Короткий срок службы	Несоблюдение условий хранения	Необходимо строго соблюдать условия хранения согласно DIN 7716
Загрязнение радиальных уплотнений	Монтаж и применение загрязненных радиальных уплотнений	Не влияет до появления случайной течи, а также укороченного срока службы	Грязь, пыль	Радиальное уплотнение перед монтажом очистить соответствующим очистителем (DIN 7716), упаковку производителя удалите только непосредственно перед монтажом.
Повреждение радиального уплотнения	Монтаж поврежденных радиальных уплотнений	Случайная течь или укороченный срок службы	Преждевременное старение и неправильное хранение	Упаковку производителя удалить только непосредственно перед монтажом.

Источник неполадки 	Возможная неполадка	Последствия для функции уплотнения 	Причина неполадки 	Меры по устранению 
---	---------------------	---	--	---

11.6.3 Транспортировка (от временного места хранения до места монтажа)

Повреждение упаковки	Загрязнение радиальных уплотнений	От малого срока службы до случайной течи	Неправильное обращение	Изъятие из обращения деталей в поврежденной упаковке Контроль на загрязнение
----------------------	-----------------------------------	--	------------------------	---







11.6.4 Временное хранение на месте монтажа (только необходимое количество)

Загрязнение радиальных уплотнений	Монтаж загрязненного радиального уплотнения	Не влияет до появления случайной течи, а также непродолжительного срока службы из-за загрязнения	Пыль, грязь и окружающая среда	Радиальное уплотнение перед монтажом очистить соответствующим очистителем (DIN 7716)
Открытое хранение предварительно смазанных радиальных уплотнений	Загрязнение консистентной смазки	Не влияет до появления случайной течи, а также укороченного срока службы из-за усиленного износа	Пыль, грязь и окружающая среда	Единицу упаковки необходимо прикрывать для защиты от загрязнения, распаковывать только необходимое количество
Несоответствующая тара для хранения запаса	Загрязнение, повреждение радиального уплотнения, выпадение пружины	Не влияет до появления случайной течи, а также укороченного срока службы из-за усиленного износа	Накопление грязи и сырости в таре, наличие острых углов	Внизу открытая, легко очищаемая тара без острых углов

11.6.5 Подготовка радиального уплотнения к монтажу

Неправильная распаковка	Надрезы или похожие повреждения по наружному диаметру, выпадение пружины, монтаж радиального уплотнения без пружины	От случайной течи до непродолжительного срока службы, сокращение срока службы	Инструмент с острыми углами, либо неподходящий для монтажа, или неправильный способ открытия	Соответствующая упаковка и инструмент, особое внимание и опыт сборщика
-------------------------	---	---	--	--

Источник неполадки 	Возможная неполадка	Последствия для функции уплотнения 	Причина неполадки 	Меры по устранению 
Смазка радиального уплотнения загрязненным маслом или смазкой	Загрязнение радиального уплотнения	От случайной течи до непродолжительного срока службы, сокращение срока службы из-за повышенного износа	Грязь, пыль	Резервуары для хранения смазки необходимо защитить от загрязнения, в случае простоя плотно закрыть
Применение неподходящего масла для смачивания вала или посадочного места уплотнения	Химическое воздействие на материал уплотнения, скрежет (заедание-выскальзывание)	Сокращение срока службы из-за повышенного износа	Неправильная смазка, либо вообще отсутствует (жалоба клиента) Контакт масла с материалом радиального уплотнения	Необходимо определить сорт масла с техническим консультантом  Ни в коем случае нельзя применять графитную смазку
Избыток смазки между уплотняющей и защитной кромкой	Выделение консистентной смазки при монтаже или при работе	“мнимая течь”	Неправильная дозировка смазки	Макс. количество смазки ок. 40% смазываемого пространства
Отсутствие либо недостаток смазки	Недостаточная смазка защитной кромки, усиление загрязнения, истирание резины	Сокращение срока службы из-за повышенной температуры в области защитной кромки либо преждевременного износа	Неправильная инструкция либо дозировка	Расположение смазки на защитной кромке
Смазка не в том месте	Недостаточная смазка на защитной кромке	Сокращение срока службы из-за повышенной температуры в области защитной кромки либо преждевременного износа, мнимая течь	Неправильная инструкция либо дозировка Неправильное направление смазывания, либо неподходящий смазывающий инструмент	Необходимо использовать заранее смазанные уплотнения Изменить конструкцию дозирующего устройства
Нанесение консистентной смазки	Загрязнение, химическое воздействие, повреждения	От случайной течи до сокращения срока службы	Пыль, грязь, инструмент для смазки/очистки, повреждения или острые углы на оправке для смазки	Соблюдайте чистоту, используйте подходящий инструмент Информация и обучение персонала

Источник неполадки 	Возможная неполадка	Последствия для функции уплотнения 	Причина неполадки 	Меры по устранению 
Смазка радиального уплотнения при отсутствии полости	Мнимая течь	Отсутствует	Недостаточная/неправильная информация	Выбрать другой тип уплотнения

11.6.6 Монтаж: монтажный толкатель/приспособление/место монтажа/сборщик

Неподходящая конструкция монтажного толкателя	Повреждение уплотнения, выпадение пружины Криво уложенное радиальное уплотнение	Не влияет до появления случайной течи, сокращения срока службы, в т.ч. из-за преждевременного износа	Пригонка: Уплотнение-вал-корпус-монтажный толкатель Монтажное приспособление не в порядке	Согласование с фирмой "Freudenberg", соблюдение предписаний DIN 3761, рекомендаций каталога "Simrit"
Загрязненный монтажный толкатель	Загрязнение уплотнения вплоть до повреждения	Преждевременные сбои или сокращение срока службы	Грязь и пыль на рабочем месте	Соблюдайте чистоту, регулярно чистите монтажный толкатель
Поврежденный монтажный толкатель	Повреждение радиального уплотнения	От случайной течи до сокращения срока службы	Монтажный толкатель не в порядке	Регулярный контроль
Неподходящий монтажный толкатель	Повреждение радиального уплотнения	От случайной течи до сокращения срока службы	Неверный выбор монтажного толкателя Simmerring	Правильный инструктаж по монтажу
Слишком высокая скорость монтажа	Выталкивание и/либо перекося радиального уплотнения, повреждение на наружном диаметре, выпадение пружины	Неравномерный износ, сокращение срока службы, статическая течь	Скорость монтажа/монтаж при помощи молотка	Соблюдайте рекомендованный темп монтажа
Слишком большое надавливание на упор при монтаже	Повреждение уплотнения (выгибание металлической части)	От случайной течи до сокращения срока службы	Большое надавливание/монтаж на упоре	/ограничение усилия/конечный упор монтажного толкателя/не запрещовывать толчками Ограничение пути
Слишком короткий процесс запрессовки/слишком длинный	Рабочая кромка и пылезашитные кромки неправильно посажены	Не влияет до случайного сбоя/раннего сбоя	Монтажный толкатель или процесс монтажа не подходят	Уплотнение проверьте на предмет правильной посадки/согласовать процесс запрессовки







Источник неполадки 	Возможная неполадка	Последствия для функции уплотнения 	Причина неполадки 	Меры по устранению 
Монтаж молотком	Повреждение уплотнения и пространства для монтажа/выпадение пружины, перекос	От случайного сбоя до сокращения срока службы	Неправильный монтаж	В серийном производстве нельзя применять монтаж молотком/при ремонте подбирайте стабильную конструкцию уплотнения
Место монтажа загрязнено (сигаретный пепел)/ острые углы/ металлическая стружка	Уплотнение либо приспособление для монтажа загрязнены или повреждены	От случайного сбоя до сокращения срока службы	Грязь, острые углы	Соблюдайте чистоту на месте монтажа, предупреждайте возможные повреждения Квалификация/ понятный и ясный инструктаж: визуализация/ сенсibilизация уплотнительных элементов

11.6.7 Рабочее место уплотнения (вал) на месте монтажа

Поцарапанный вал	Повреждение рабочей кромки при введении вала	От случайного сбоя до сокращения срока службы	Повреждения при транспортировке/ отсутствие должной защиты вала/ неправильное хранение и обращение	Перед монтажом вал проверить/соблюдение DIN 3761/использовать соответствующую упаковку при транспортировке/ Запрещена транспортировка и хранение валов навалом
Загрязнение вала	Загрязнение и повреждение рабочей кромки при введении вала	От случайного сбоя до сокращения срока службы	Отсутствие защиты вала/неподходящая тара для транспортировки/ загрязнение при обращении	Перед монтажом вал очистить/применять соответствующую тару и упаковку при транспортировке





Источник неполадки 	Возможная неполадка	Последствия для функции уплотнения 	Причина неполадки 	Меры по устранению 
Коррозия вала	Загрязнение и повреждение рабочей кромки при введении вала	От случайного сбоя до сокращения срока службы	Отсутствующая либо недостаточная защита от коррозии/высокая влажность воздуха/слишком длительное хранение/неподходящая тара и покрытие	Перед монтажом вал проверить на предмет коррозии/вал, подверженный коррозии, ни в коем случае не использовать/применять подходящие средства защиты от коррозии/обработка валов, подверженных коррозии
Средства защиты от коррозии	Химическая реакция с материалом Simmerring или уплотняющим маслом	Короткий срок службы	Неподходящее сочетание материалов, соответств. неправильная защита от коррозии	Проведите испытание на совместимость средств защиты от коррозии с материалом Simmerring в лаборатории
Монтаж вала, плохое скольжение рабочей кромки уплотнения и пылезащитной кромки уплотнения на валу.	Выпадение пружины/заворачивание пылезащитной кромки	Короткий срок службы	Недостаточная смазка/фаска вала не в порядке/слишком большое перекрытие/неправильная конструкция уплотнения	Достаточная смазка радиального уплотнения и вала/соблюдайте рекомендации фирмы "Freudenberg" по фаскам вала Согласовать конструкцию радиального уплотнения с процессом монтажа и пространством для монтажа
Закрытый монтаж: длинные/тяжелые валы/ смещение вала	Выпадение пружины/заворачивание рабочей или пылезащитной кромки/кривая посадка или повреждение уплотнения	От сокращения срока службы до моментального выхода из строя	Недостаточная направляющая вала	Согласовать конструкцию уплотнения с монтажом и пространством для монтажа/выбрать подходящую концепцию уплотнения

Источник неполадки 	Возможная неполадка	Последствия для функции уплотнения 	Причина неполадки 	Меры по устранению 
---	---------------------	---	--	---

11.6.8 Отверстие корпуса

2

Корпус из двух частей	Неподходящая конструкция неподвижной части уплотнения	Статическая течь	Неподходящая конструкция неподвижной части уплотнения	Корпус цельный/ выбрать: резина снаружи полностью или частично/лак и клей не подходят
Литой корпус	Поры/усадочные раковины/песок	Статическая течь/ повышенный износ до сокращения срока службы из-за литейного песка	Некачественное литье/ недостаточная очистка	Поры и раковины макс. 1/3 ширины неподвижной части/ улучшить очистку
Корпус, отлитый под давлением (Al, Mg)	Недостаточно плотная посадка/кривая посадка/выталкивание радиального уплотнения (если снаружи резина)	Ненадежный монтаж/ сокращение срока службы	Слишком тонкая шероховатость/ неподходящая конструкция неподвижной части	$R_z > 10$ мкм и < 25 мкм / выбрать: резина снаружи
Корпус, отлитый под давлением (Al, Mg)	Электрохимическая коррозия (при посадке в металл)	Статическая течь/ повреждение металлической части или корпуса	Потенциал натяжения (потенциал покоя)	Выбрать: подходящее сочетание материалов/ наружное покрытие резиной
Корпус, отлитый под давлением (Al, Mg)	Повреждение отверстия при посадке в металл	Статическая течь/ сокращение срока службы/царапины в отверстии (не в порядке) в случае ремонта	Неподходящая конструкция неподвижной части	Выбрать наружное покрытие резиной
Корпус из пластмассы	Повреждение отверстия при посадке в металл/в результате термического расширения или слишком гладкой поверхности	Статическая течь/ сокращение срока службы	Неподходящее сочетание материалов или конструкции статической части	Выбрать наружное покрытие резиной
Входящая фаска на корпусе в комбинации с наружным резиновым покрытием уплотнения	Срезание резины при наружном покрытии/ перекокс/выталкивание радиального уплотнения	Статическая течь	Образование заусенцев при переходе от фаски к отверстию/ фаска слишком большая/ маленькая/уплотнение недостаточно круглое	Обеспечить отсутствие заусенцев/соблюдать рекомендации DIN 3761 относительно фаски

Источник неполадки 	Возможная неполадка	Последствия для функции уплотнения 	Причина неполадки 	Меры по устранению 
Отверстие корпуса	Срезание резины при наружном покрытии/уплотнение монтировать нельзя	Статическая течь	Слишком большая фаска	Выбор фаски = 15–20°

2

11.6.9 Обращение с агрегатами, после монтажа уплотнения на производственной линии

Уплотняемое место открыто либо не защищено	Загрязнение/затвердевание эластомера	Сокращение срока службы до моментальной течи	Грязь и пыль/в окружающей среде УФ-излучение/озон	Соответствующее покрытие уплотняемого места для защиты от повреждения и для предотвращения негативного влияния внешних факторов, таких как УФ-излучение или озон/необходимо выбрать соответствующую уплотнительную систему, которая автоматически защищена/осторожный монтаж/тщательный инструктаж
Уплотняемое место открыто либо не защищено	Повреждение	Сокращение срока службы до моментальной течи	Механическое воздействие деталей, предметов или процессов на уплотняемое место/несоблюдение мер безопасности при транспортировке отдельных частей	Соответствующее покрытие уплотняемого места для защиты от повреждений и для предотвращения негативного влияния внешних факторов, таких как УФ-излучение или озон/необходимо выбрать соответствующую уплотняющую систему, которая автоматически защищена/осторожный монтаж/тщательный инструктаж

2

Источник неполадки 	Возможная неполадка	Последствия для функции уплотнения 	Причина неполадки 	Меры по устранению 
Коррозия вала и корпуса	Коррозия конторповерхности рабочей кромки	Короткий срок службы	Высокая влажность воздуха/недостаточная защита от коррозии	Защита от коррозии/ покрытие уплотняемого места/ ограничить влажность воздуха
Транспортировка	Выпадение пружины	Короткий срок службы	Неподходящая тара для транспортировки	Соответствующая тара для транспортировки/ контроль посадки пружины перед монтажом
Монтаж	Повреждение рабочей кромки	От малого срока службы до случайной течи	Зацепление шпоночного паза	Применять монтажную оправку