



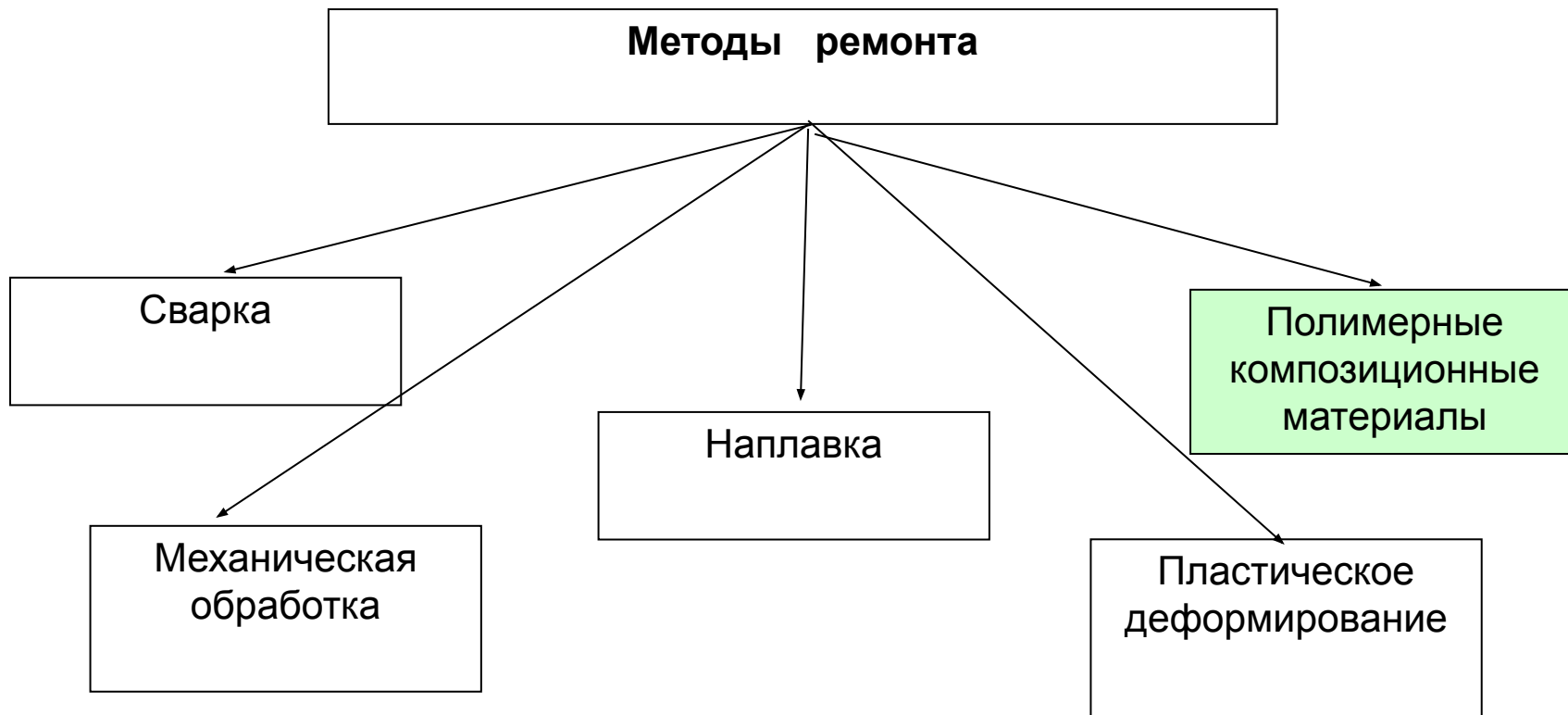
**МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ (МАДИ)**

---

## **Применение ПКМ при ремонте машин**

**Баурова Н.И.  
доктор технических наук  
профессор кафедры  
«Производство и ремонт автомобилей и дорожных машин»**

# Методы ремонта деталей машин



Применение ПКМ позволяет не только расширить номенклатуру восстанавливаемых деталей, но и снизить себестоимость работ в 3-10 раз.

# Классификация дефектов элементов транспортно-технологических машин

**Дефекты, образованные в результате длительного воздействия внешней или (и) внутренней среды**



Сквозные и несквозные, наружные и внутренние раковины, трещины, отверстия, возникновение которых носит коррозионное, эрозионное происхождение или обусловлено воздействием агрессивных сред, с которыми соприкасается рассматриваемый объект.

**Дефекты, образованные в результате случайного внешнего воздействия, непредусмотренного правилами эксплуатации объекта**



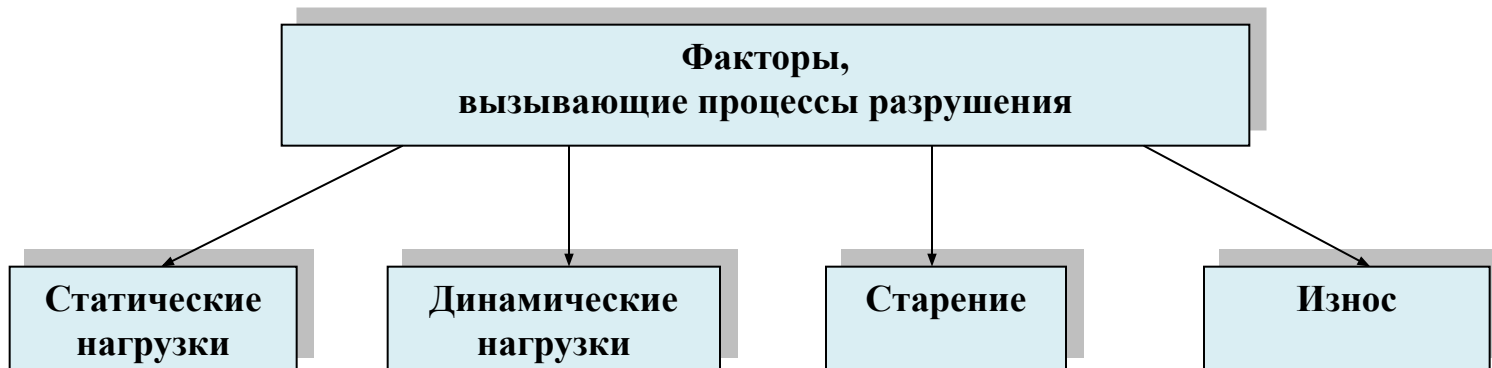
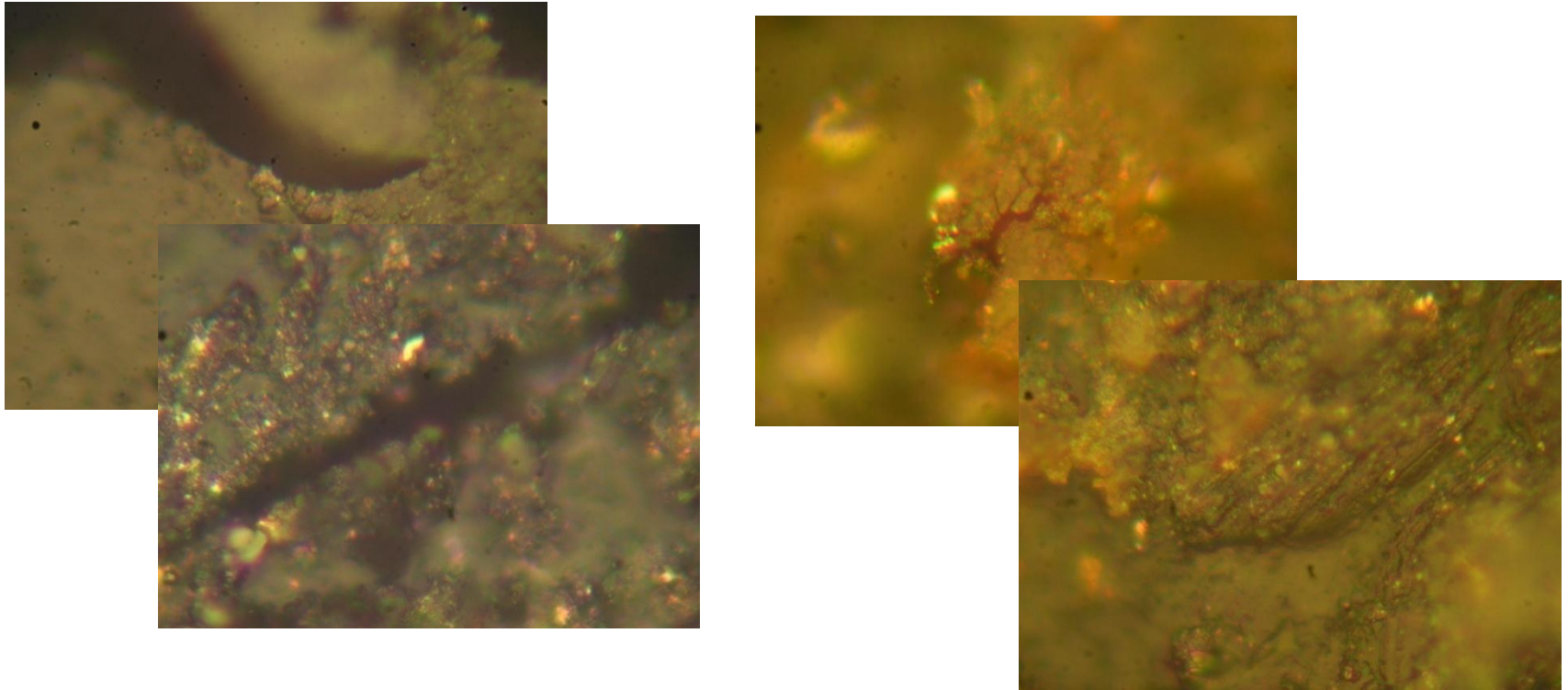
Сквозные и несквозные царапины, сколы, вмятины, вызванные неаккуратным обращением с техникой, не рассчитанной на значительные динамические внешние воздействия локального характера.

**Дефекты, образованные в результате нарушения технологии изготовления объекта**



Различные металлургические дефекты, литевые раковины, царапины, утончения и вмятины, полученные в результате обработки заготовок давлением.

# Факторы вызывающие процессы разрушения деталей машин



# Области применения ПКМ при ремонте деталей машин

| Системы             | Виды дефектов                                                                                                                                           |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Блок цилиндров      | Трещины различной длины и раковины                                                                                                                      |
| ДВС                 | Трещины, раковины, коррозионные повреждения, посадочные места под подшипники, посадочные места под вкладыши коренных подшипников и под гильзы цилиндров |
| Система смазки      | Трещины и раковины                                                                                                                                      |
| Детали трансмиссии  | Трещины и раковины                                                                                                                                      |
| Система выпуска ОГ  | Трещины, прогары, пробоины, раковины                                                                                                                    |
| Топливная система   | Герметизация, заделка трещин, раковин и коррозионных повреждений                                                                                        |
| Детали из пластмасс | Трещины и раковины                                                                                                                                      |



# Детали транспортно-технологических машин, которые могут быть восстановлены с использованием ПКМ



# Последовательность действий при ремонте машин с использованием ПКМ



# Выбор термореактивных связующих для ремонта машин с использованием ПКМ

Связующие,  
отверждаемые при  
комнатной  
температуре



Ремонт деталей и узлов  
работающих при  
температуре  $-40...+270^{\circ}\text{C}$

Связующие,  
отверждаемые при  
повышенной  
температуре



Ремонт деталей и узлов  
работающих при  
температуре от  $-40$  и выше  
 $+270^{\circ}\text{C}$



# Выбор наполнителей для ремонта машин с использованием ПКМ



# Технология ремонта деталей машин с использованием ПКМ, содержащих тканые наполнители

1. Предотвращение дальнейшего распространения повреждения (засверливание трещины)

2. Подготовка поверхности (химическая, физическая)

3. Раскрой тканного наполнителя

4. Пропитка тканного наполнителя связующим

5. Нанесение пропитанного наполнителя на поврежденный элемент

6. Дополнительное нанесение связующего по границе тканного наполнителя

7. Отверждение композиции

8. Контроль качества ремонта

# Технология ремонта деталей машин с использованием ПКМ, содержащих непрерывные волокна или ленты

1. Предотвращение дальнейшего распространения повреждения

2. Подготовка поверхности (химическая, физическая)

3. Нанесение связующего на границы дефекта

4. Формирование ремонтного бандажа

4.1. Пропитка волокна (нити)

связующим

4.2. Намотка пропитанного волокна на поврежденный элемент с заданным натягом

4.3. Предварительное отверждение нанесенного слоя (толщина слоя 1 мм)

4.4. Намотка следующего слоя пропитанного волокна

5. Дополнительное нанесение связующего на сформированный бандаж

6. Полное отверждение композиции

7. Контроль качества ремонта

# Технология ремонта деталей машин с использованием ПКМ, содержащих непрерывные волокна



Когда в силу конструктивных особенностей необходима намотка до относительно больших толщин, рекомендуется производить предварительный расчет толщины бандажа с учетом его анизотропии.

Расчет оптимальной толщины бандажа проводится по критерию обеспечения гарантированного натяга, который позволяет получать область толщин, не приводящих к отслоению бандажа от оправки.



# Технология ремонта деталей машин с использованием ПКМ, содержащих дисперсные наполнители

1. Предотвращение дальнейшего распространения повреждения (засверливание трещины)

2. Подготовка поверхности (химическая, физическая)

3. Приготовление дисперсно-наполненного ПКМ

4. Нанесение ПКМ на место повреждения

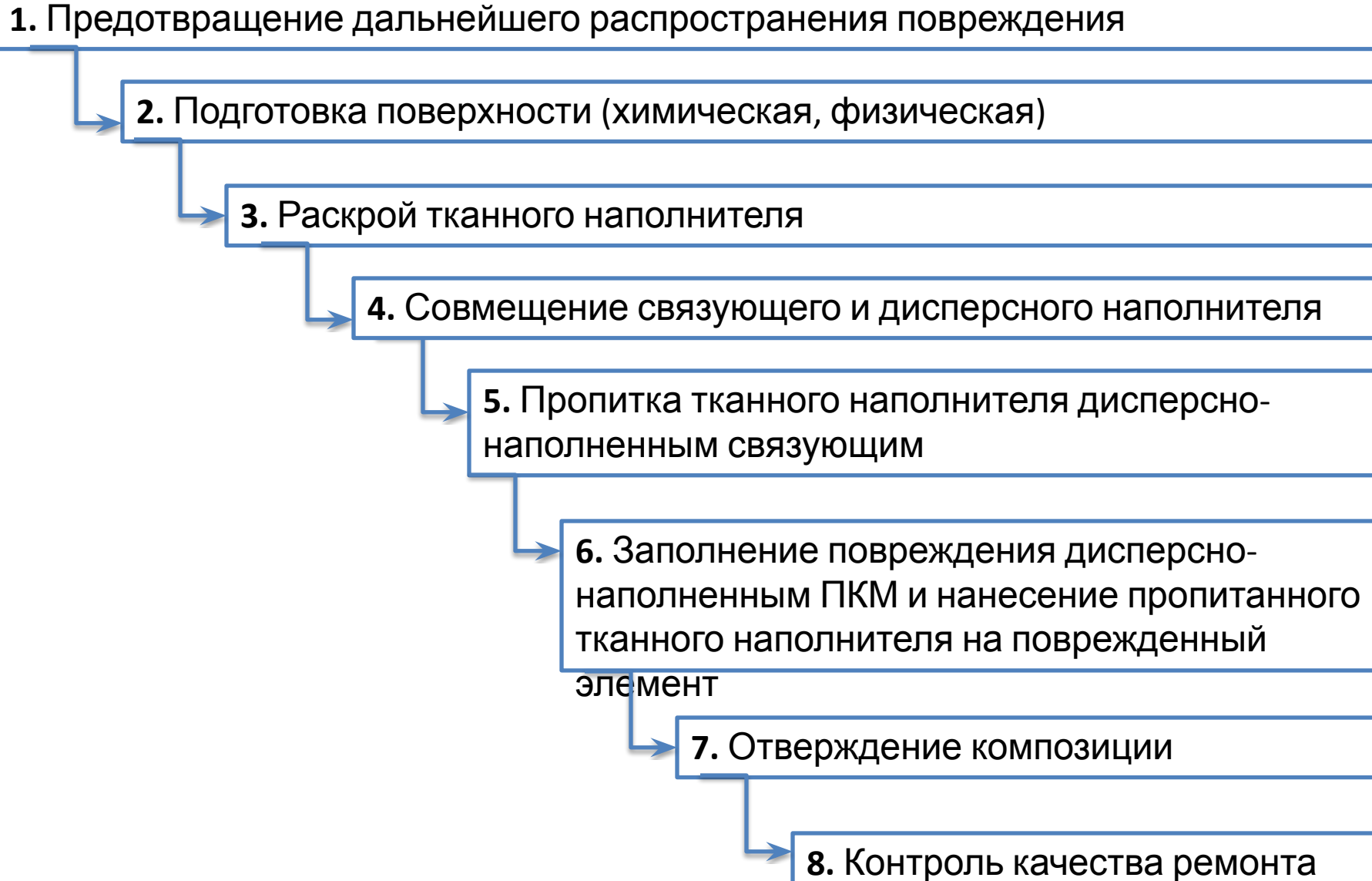
5. Отверждение композиции

6. Механическая обработка (удаление излишек отвержденного ПКМ)

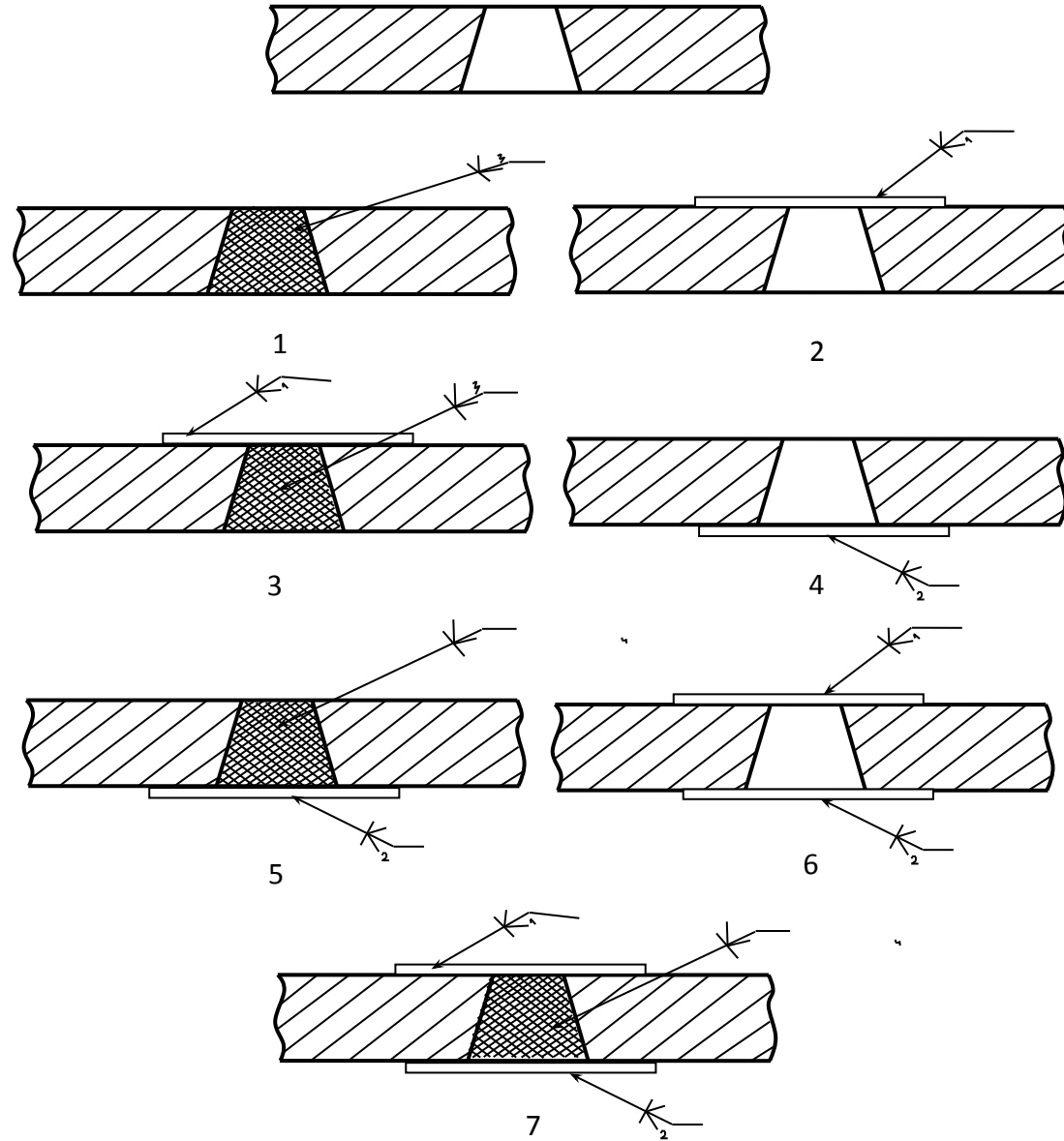
7. Контроль качества ремонта



# Технология ремонта деталей машин с использованием ПКМ, содержащих дисперсные и тканые наполнители



# Схема пробоины и возможные варианты ее устранения с использованием ПКМ, содержащих дисперсные и тканые наполнители

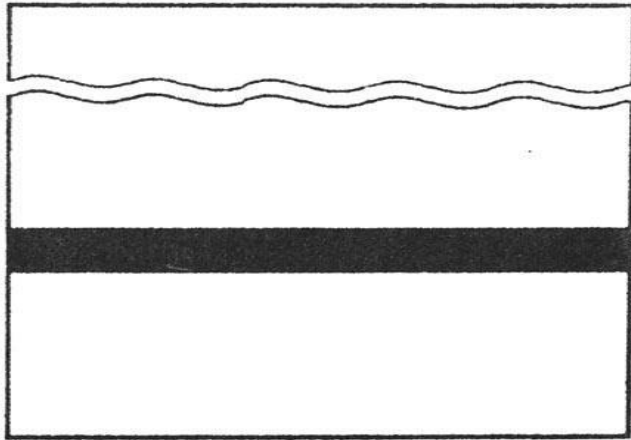


# Методы контроля качества соединений восстановленных с использованием полимерных композиционных материалов

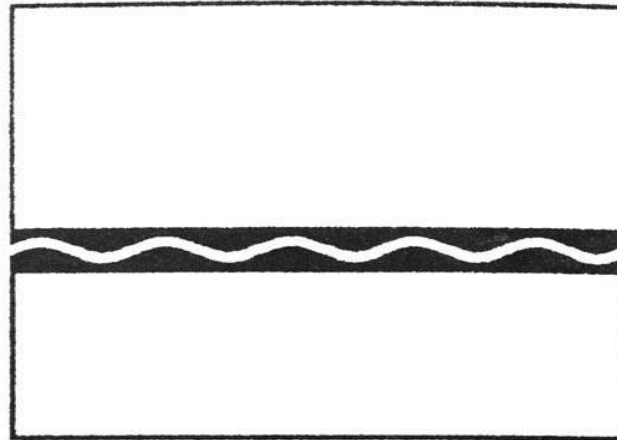
| Этапы технологического процесса                         | Контролируемые параметры         |
|---------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 1. Механическая подготовка поверхности                  | Отсутствие мех. загрязнений      |
| 2. Рассверливание концов трещины<br>(при необходимости) | Глубина и расположение отверстий |
| 3. Разделка трещины<br>(при необходимости)              | Угол разделки трещины            |
| 4. Химическая подготовка поверхности                    | Отсутствие хим. загрязнений      |
| 5. Приготовление ПКМ                                    | Дозировка и качество смешения    |
| 6. Нанесение ПКМ                                        | Равномерность и время нанесения  |
| 7. Отверждение ПКМ                                      | Время и температурный режим      |
| 8. Окончательная мех. обработка                         | Геометрическая форма             |
| 9. Заключительный контроль                              | Усадка и твердость ПКМ           |



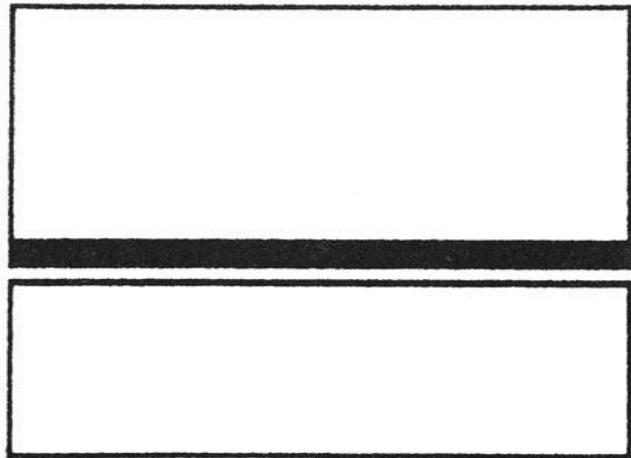
# Характер разрушения соединений, восстановленных с использованием ПКМ



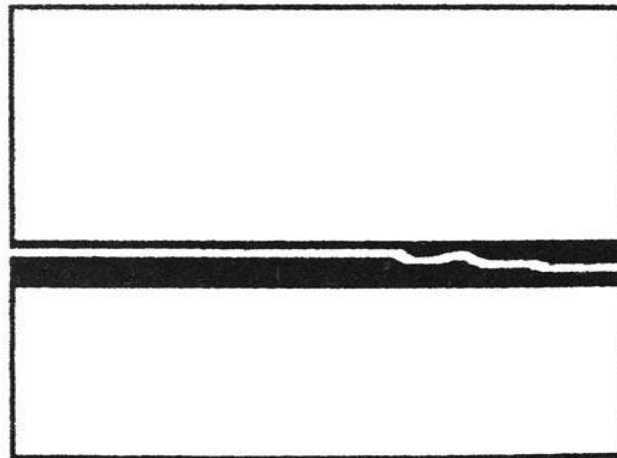
*a*



*б*



*в*



*г*

а – когезионный  
по материалу  
детали;  
б – когезионный  
по ПКМ;  
в – адгезионный  
г – смешанный.

# Типовые ошибки при ремонте с использованием ПКМ

**Несовместимость связующего (или одного из его компонентов) и поверхности восстанавливаемого элемента.**



Приводит к возникновению очагов коррозии, снижению эксплуатационных свойств восстановленного элемента

**При выборе связующего необходимо учитывать ряд параметров:**

- диапазон рабочих температур;
- совместимость связующего и материала восстанавливаемого элемента;
- стойкость к воде, маслу, топливу, техническим жидкостям;
- наличие силовых, ударных и вибрационных нагрузок.

# Типовые ошибки при ремонте с использованием ПКМ

**Недостаточная  
подготовка  
поверхности**



Критерием механической обработки поверхности принято считать **показатель шероховатости поверхности**. В зависимости от применяемого связующего существуют рекомендации оптимальной шероховатости обработки металлов. При ремонте элементов из инструментальных сталей рекомендуется принимать  $R_z=10\ldots40$  мкм, твердосплавных  $R_z=10\ldots20$  мкм ( $R_a=1,25\ldots2,5$ ). При ремонте цилиндрических поверхностей оптимальная шероховатость  $R_z=10$  мкм с зазором  $0,08\ldots0,12$  мм на сторону.

**Чрезмерная  
полировка  
поверхности**



Микронеровности не должны быть большими, так как выступающие вершины и резкие впадины на поверхности являются концентратором напряжений, а развитие трещины начинается в большинстве случаев от пиков микронеровностей. В то же время микронеровности поверхности не должны быть очень малыми, так как клей плохо задерживается на такой поверхности.

# Типовые ошибки при ремонте с использованием ПКМ

**Подготовка поверхности осуществляется задолго до проведения ремонтных работ**



После механической обработки поверхность металла достаточно активна, что положительно сказывается на прочностных характеристиках клеевого соединения, а со временем на воздухе у металлов образуется окисная пленка, которая снижает активность обработанной поверхности.

| Материал конструкции (детали)                   | Максимальный временной интервал |
|-------------------------------------------------|---------------------------------|
| Углеродистая сталь                              | 12 час                          |
| Нержавеющая сталь                               | 24 час                          |
| Оцинкованные и кадмированные стальные детали    | 72 час                          |
| Сталь с оксидным фосфатированием                | 24 час                          |
| Титан и его сплавы                              | 24 час                          |
| Алюминиевые сплавы (кроме сплавов АМг-6 и 1911) | 6 час                           |
| Алюминиевые сплавы АМг-6 и 1911                 | 24 час                          |
| Медь и свинец                                   | 0,5 час                         |

Временной интервал между операциями подготовки поверхности и нанесением ПКМ для различных материалов

# Типовые ошибки при ремонте с использованием ПКМ

## Нарушение пропорций при приготовлении ПКМ



При незначительной передозировке отвердителя ПКМ приобретает хрупкость. А при его недостатке, наоборот, становится слишком эластичным. Помимо прочности, неправильная дозировка компонентов снижает диапазон рабочих температур восстановленного соединения и устойчивость к воздействию агрессивных сред.

## Недостаточное перемешивание компонентов



Время перемешивания зависит от массы ПКМ. Качество перемешивания легко оценить на глаз, поскольку в большинстве случаев каждый из компонентов ПКМ имеет разный цвет и перемешивание проводят до получения однородной по цвету массы. В зависимости от типа используемого связующего и наполнителей перемешивание может осуществляться вручную или с использованием специальных приспособлений.

# Типовые ошибки при ремонте с использованием ПКМ

**Несоблюдение  
сроков  
жизнеспособности  
связующего**



Готовить связующее следует непосредственно перед применением. Все клеевые материалы подразделяют по срокам жизнеспособности готового состава. Если химическая реакция уже началась, а потребитель продолжает использовать связующее, то любая, даже самая незначительная деформация приводит к необратимому разрушению уже образованных химических связей (повторно эти активные химические группы в реакцию уже не вступят). В результате ПКМ не обретает необходимую прочность.

# Типовые ошибки при ремонте с использованием ПКМ

**Чрезмерное или  
недостаточное  
нанесение связующего  
на тканый или  
волокнистый  
наполнитель**



Избыточная толщина связующего при пропитке тканного наполнителя существенно ухудшает прочностные свойства ремонтного материала. При недостатке связующего, возникает неполноценная пропитка волокнистого наполнителя, что также существенно снижает прочностные свойства ПКМ.

# Типовые ошибки при ремонте с использованием ПКМ

**Преждевременная  
эксплуатация  
восстановленного  
соединения**



Продолжительность и  
режимы отверждения  
зависят от типа  
используемого связующего.



**Нарушение режимов  
отверждения**



**СПАСИБО ЗА  
ВНИМАНИЕ.**