

Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций  
Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики»  
(ФГОБУ ВПО «СибГУТИ»)  
Кафедра систем автоматизированного проектирования (САПР)

## КУРСОВАЯ РАБОТА

По дисциплине: Технологии трёхмерной визуализации  
Тема: «Естественные выработки на материалах»

Выполнил Ланин В. Р.  
(Ф.И.О.)

Группа ТТМ-21

Проверил преподаватель:

Хохлов П. В.  
(Ф.И.О.)

Новосибирск 2024 г.

## Содержание

1. Введение .....	3
2. Что такое материал .....	4
3. Пatina, царапины, потёртости .....	4
4. Процедурные материалы .....	6
5. Пatina с помощью метода вершинная покраска (Vertex Paint) .....	7
6. Простой материал латуни с патиной полученный методом Точечность (Pointiness) .....	12
7. Простые потёртости на краях модели с помощью шума .....	13
8. Получение физически корректных царапин на пластике .....	16
9. Потёртости на краях с направлениями .....	22
10. Сложная пatina на латуни .....	23
11. Заключение .....	27
12. Библиография .....	28

# 1. Введение

Цель работы: Изучение основных свойств материалов и их использование для создания реалистичных выработок на материалах в программе Blender с целью повышения качества визуализации трёхмерных моделей. Приобретение практических навыков в создании разнообразных материалов в Blender.

## Вопросы

1. Что такое материал физически и с точки зрения визуализации?
2. Какова роль нодов при создании процедурного материала?
3. Особенности материала патина с точки зрения визуализации?
4. Особенности материала с царапинами и потёртостями с точки зрения визуализации?
5. Как методы вершинной покраски (Vertex Paint) и точечности (Pointiness) помогают создавать реалистичные эффекты на основе карт поверхностей для создания естественных выработок на материалах ?
6. Как дополнение Node Wrangler ускоряет работу с нодами ?
7. Разница узлов неровности (Bump) и смещения (Displacement) ?
8. Как для создания сложных, реалистичных материалов используют ноды шума?

## Горячие клавиши

- **Shift + A:** Открывает меню добавления узлов.
- **Ctrl + Shift + Click:** Создаёт новый узел и автоматически подключает его к выбранному узлу.
- **X:** Удаляет выбранные узлы или связи.
- **Tab:** Переключает между режимами редактирования узлов и представления узлов.
- **Ctrl + Space:** Масштабирует представление узлов по ширине.
- **Ctrl + Shift + Space:** Масштабирует представление узлов по высоте.
- **Ctrl + P:** Создает группу из выбранных узлов
- **Ctrl + G:** Сгруппировать выбранные узлы в новую группу.
- **Ctrl + Alt + G:** Разгруппировать выбранные узлы из группы.
- **Ctrl + Shift + G:** Удаляет группу, но сохраняет содержимое узлов.

Дополнение: Node Wrangler

## 2. Что такое материал

Материал - это набор параметров и свойств, определяющих характер поверхности, и иногда объёма объекта, например, цвет, текстура, блеск, прозрачность, отражения, преломления и другие. Некоторые материалы можно реализовать с помощью наложения текстуры, но для получения реалистичной поверхности, свойства которой зависят от формы модели, такие как патина или потёртости, текстур не достаточно и необходимо использовать процедурные материалы.

Материал (Material) – это программа, которая используется в трёхмерной графике для определения окончательных параметров объекта или изображения, может включать в себя описание поглощения и рассеяния света, отражения и преломления, затенение, смещение поверхности, наложение текстуры и множество других параметров.

Простым называется материал, который можно создать на основе его физических свойств, используя базовые настройки стандартного материала (без использования текстурных и процедурных карт). Преимущество простых материалов в том, что некоторые из них можно использовать для моделей с разной топологией, но не все.

## 3. Патина, царапины, потёртости

Пatina (от итальянского patina) — это особый налёт разных оттенков, который образуется на поверхности меди, бронзы и латуни. Он появляется на изделиях под воздействием кислорода, влажности и других факторов окружающей среды. Зелёный цвет старинных бронзовых статуй, налёт на кованых решётках — это и есть патина.

Так как патина это налёт из временной грязи от рук, пыли, влаги и т.д., в основном она скапливается в углублениях, ямках, выемках, бороздках поверхности, оставаясь вне досягаемости механических воздействий, способных её стереть. Для создания такого материала необходимо создать карту рельефа, исходя из которой будут предприниматься следующие шаги.



а)

б)

Рисунок 3.1 – Примеры патины на латуни: а) На обломке статуэтки; б) В интерьере

Царапина - это поверхностное повреждение, которое не проходит сквозь материал, при столкновении с более твёрдым объектом. Обычно представляет собой линию на поверхности предмета, которая может быть разной длины и ширины. В зависимости от причины и интенсивности могут иметь ровный, гладкий или бугристый вид. По размерам царапина может быть маленькой или крупной. Для создания материала с царапинами также как и для патины необходима карта рельефа для обозначения выпуклых зон, на которых будут царапины.



а)



б)

Рисунок 3.2 – Пример царапин: а) На пластиковой лопатке; б) На спинке стула

Потёртость - это поверхностное повреждение, возникшие в результате многократного механического воздействия на поверхность. Для создания материала с потёртостями также необходима карта рельефа, чтобы определить выпуклости, которые будут иметь отличающиеся характеристики.

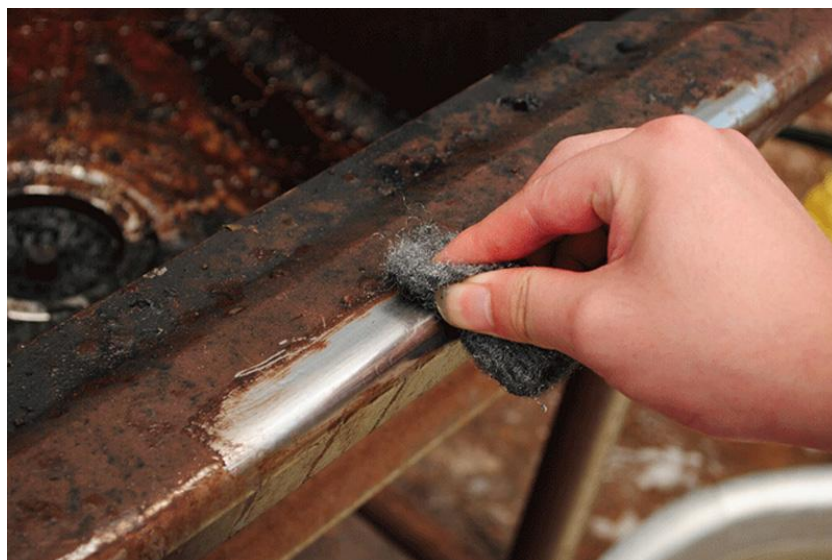


Рисунок 3.3 – Пример потёртостей на краю железной балки

## 4. Процедурные материалы

Процедурные материалы - это метод создания материала, при котором свойства поверхности создаются с помощью какого-либо алгоритма. Такие материалы обратимы благодаря системе узлов (нод), масштабируемы на объекты любого размера, имеют множество вариаций из-за гибкой настройки параметров и мало весят в отличие от текстур, занимающих много памяти.

В Blender они создаются в «Редакторе шейдеров» (Shader editor), где используется система узлов (нод) для задания алгоритма отображения материала.

Ноды позволяют создавать материал путём пропускания базового материала через систему узлов, где каждая нода выполняет операцию над материалом, изменяя его свойства. Таким образом можно создавать сложные и реалистичные материалы, например с царапинами, потёртостями, патиной и другими естественными выработками.



Рисунок 4.1 – Модель с простыми вариантами материалов: а) Латунь с патиной; б) Пластик с царапинами; в) Металл с потёртостями





а)

б)

в)

Рисунок 4.2 – Модель со сложными вариантами материалами: а) Латунь со сложной патиной; б) Пластик с физически корректными царапинами; в) Металл с направленными потёртостями

Важно отметить что все материалы необходимо рендерить в движке Cycles, так как Cycles — это рендер на основе физики, способный рассчитать каждый луч освещения, его отскок и другие детали, что необходимо для реалистичной визуализации.

## 5. Пatina с помощью метода вершинная покраска (Vertex Paint)

Эффекта патины можно добиться с помощью метода Вершинная покраска (Vertex Paint). Этот способ основан на покраске, именно, вершин объекта, создавая тёмные области во впадинах поверхности и светлые на её выступающих частях, благодаря грязевой карте. Недостатком этого метода является то, что результат зависит от плотности сетки, так как нет возможности уточнять цвет между вершинами. Сетка должна быть плотной и равномерной.

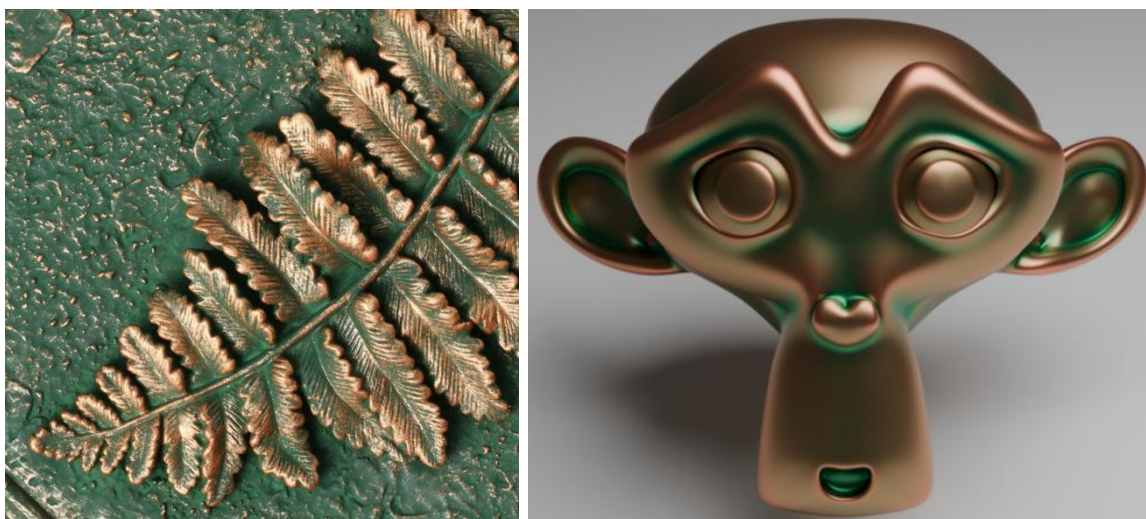


Рисунок 5.1 – Патина: а) Референс; б) Модель с простым вариантом материала созданного способом вершинной покраски (Vertex Paint)

Для получения данного материала необходимо перейти в режим вершинной покраски (Vertex Paint).

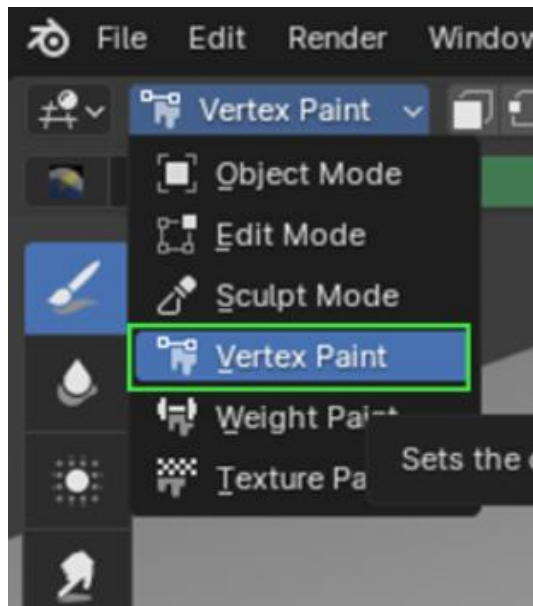


Рисунок 5.2 – Выбор режима вершинной покраски (Vertex Paint)

Создать 2 атрибута цвета (Color Attributes) во вкладке данные (Data) в свойствах объекта, через «+».

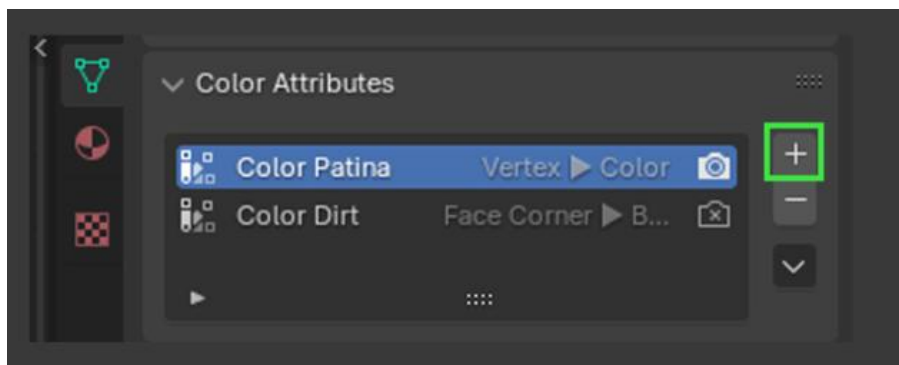
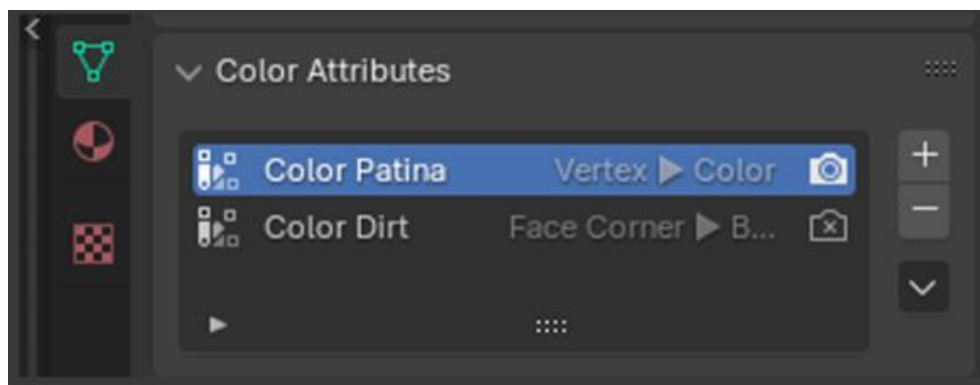


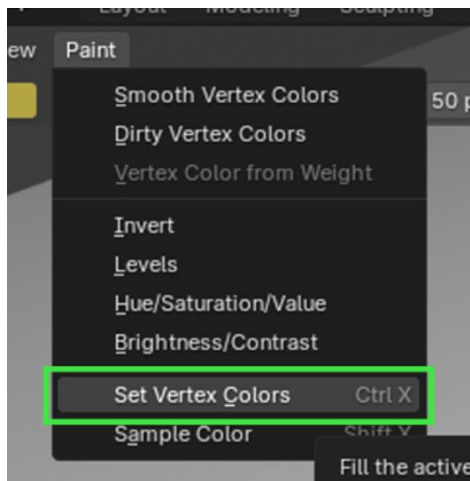
Рисунок 5.3 – Интерфейс добавления цветовых атрибутов

Затем в одном атрибуте покрасить весь объект в зелёный оттенок патины, через рисование (Paint), установить цвет вершин (Set Vertex Colors).

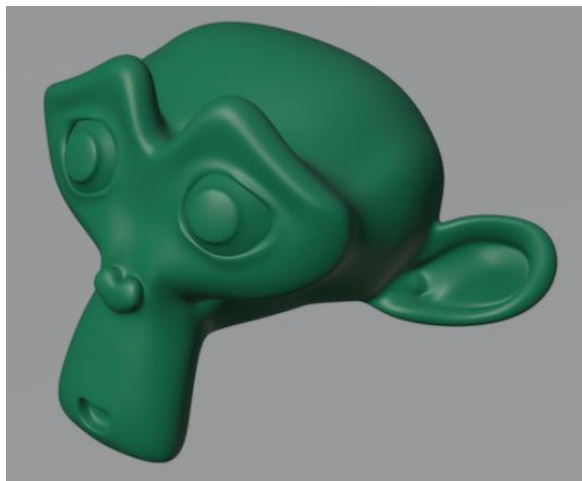


а)





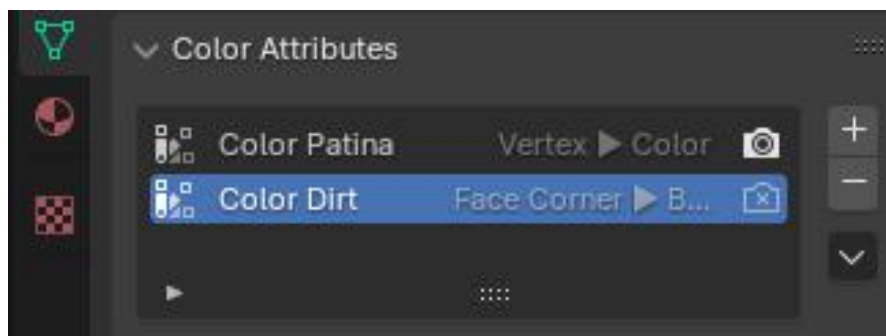
б)



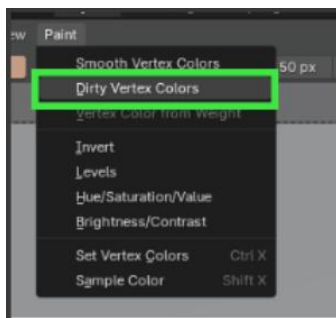
в)

Рисунок 5.4 – Покраска модели: а) Выбор атрибута; б) Покраска всей модели в оттенок; в) Результат окрашивания

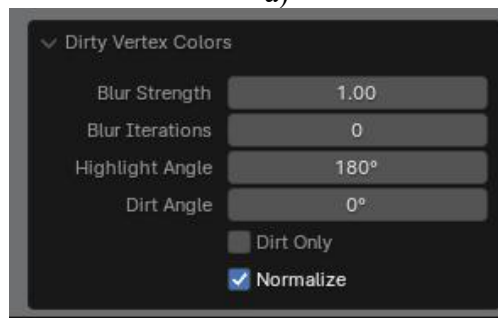
Во втором атрибуте создать грязевую карту через рисование (Paint), загрязнить цвета вершин (Dirty Vertex Colors).



а)



б)



в)



г)

Рисунок 5.5 – Создание грязевой карты: а) Выбор атрибута; б) Загрязнение всей модели; в) Параметры загрязнения; г) Результат загрязнения

Во вкладке затенение (Shading) создать материал со схемой узлов: двух узлов атрибут цвета (Color Attribute), в которых отмечены атрибуты цвета грязевой карты и оттенка патины, для доступа к данным атрибутам.

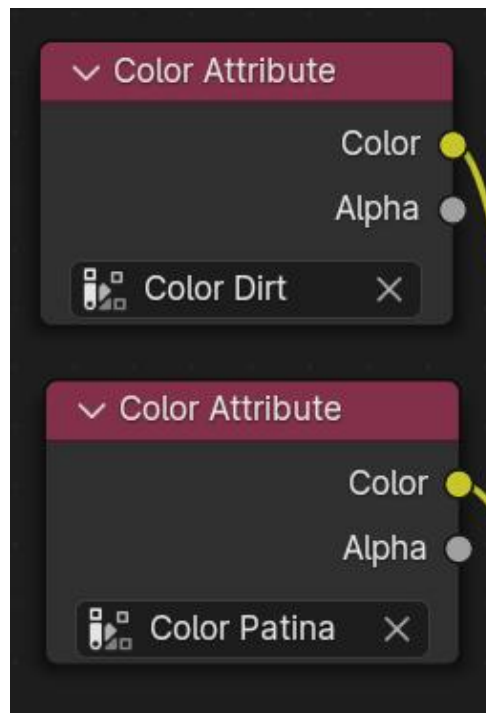


Рисунок 5.6 – Узлы атрибутов цвета

Смешение цветов (Mix Color) для смешивания грязевой карты и оттенка в режиме наложение (Overlay) и фактором (Factor: 1), чтобы в места «грязи» обрели зелёный оттенок.

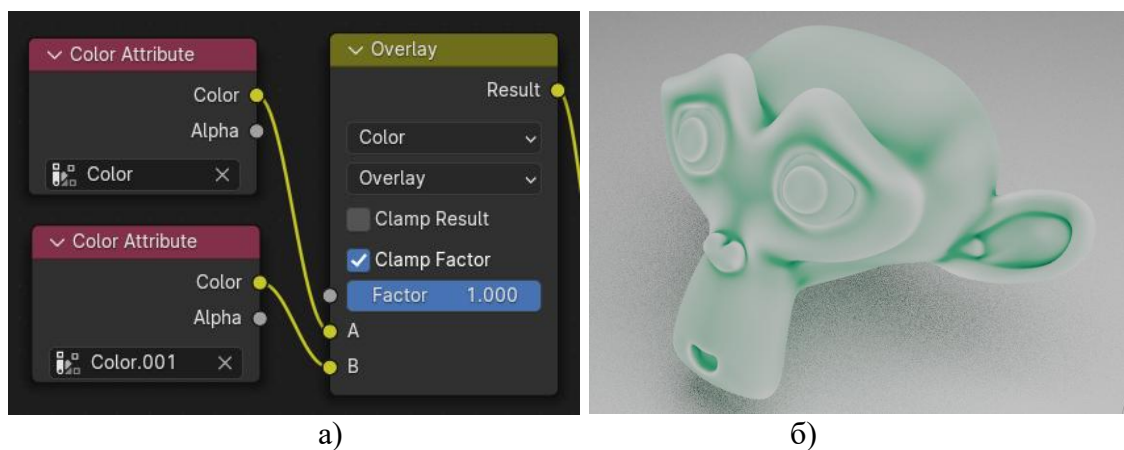


Рисунок 5.7 – Смешивание атрибутов цвета: а) Схема нодов; б) Результат смешивания

Второй смешение цветов (Mix Color) для смеси результата предыдущего шага и цвета меди HEX: b87333 в режиме затемнения (Darken) и фактором (Factor: 0.825).

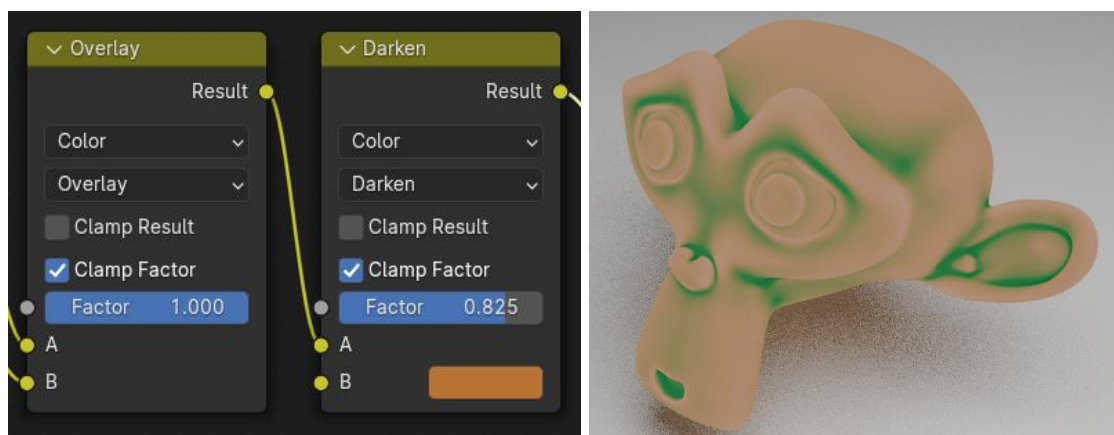


Рисунок 5.8 – Смешивание предыдущего смешивания и медного цвета: а) Схема узлов; б) Результат смешивания

Принципиальный BSDF (Principled BSDF) со значениями металличности и шероховатости (Metallic: 1, Roughness: 0.350) с подобранными параметрами для приближения к референсу, так как медь это металл, имеющий шероховатости.

Вывод материала (Material Output) для рендеринга.

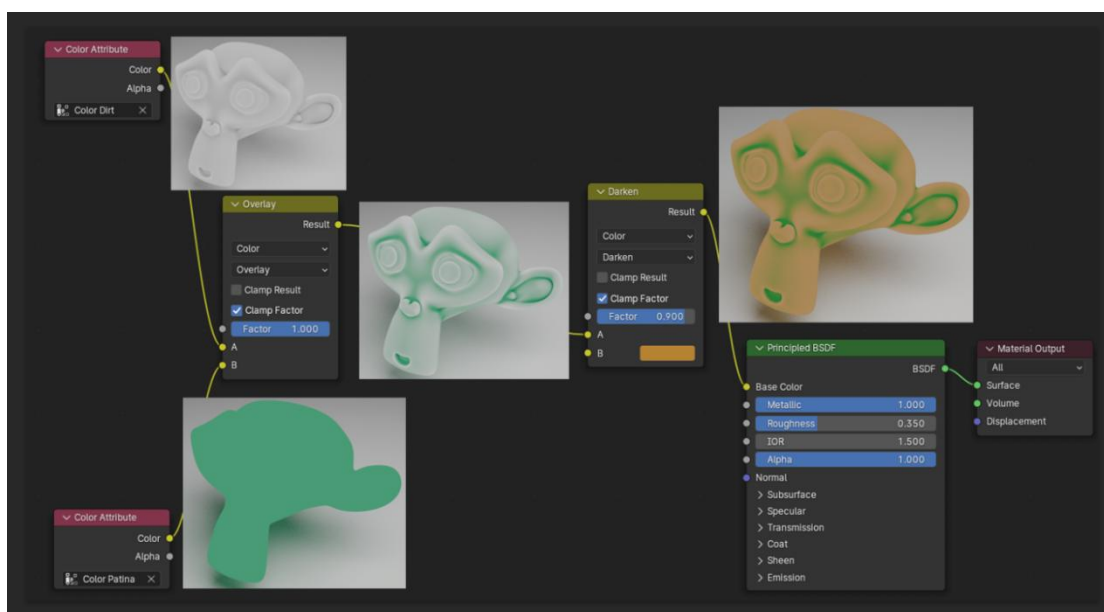


Рисунок 14 – Полная схема узлов патины методом вершинная покраска (Vertex Paint)

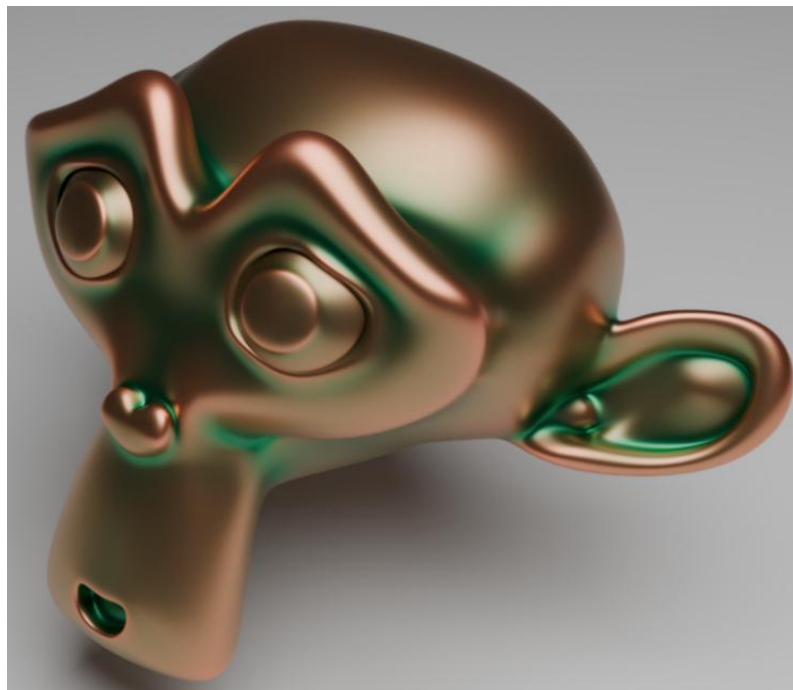


Рисунок 5.9 – Итоговый материал патины полученный методом вершинная покраска (Vertex Paint)

## 6. Простой материал латуни с патиной полученный методом Точечность (Pointiness)

Эффекта патины на латуни можно добиться с помощью метода Точечность (Pointiness). Этот способ работает аналогичным образом с покраской вершин (Vertex Paint) и имеет те же недостатки.



а)



б)

Рисунок 6.1 – Патина: а) Референс; б) Модель с материалом полученным методом Точечность (Pointiness)

Для получения такого материала необходимо соединить несколько нодов: геометрия (Geometry) с подобранным градиентом (Color Ramp: 0: 0.492, 1: 0.5) для получения карты высот и впадин модели похожей на

референс, смешение цветов подобранных подбором (Mix Color: A: BBA53B, B: 34BE9E) для получения цветов как на референсе и общий BSDF (Principled BSDF: Metallic: 0.7, Roughness: 0.47) для добавления эффекта металла и шероховатостей, так как латунь это металл с шероховатостями.

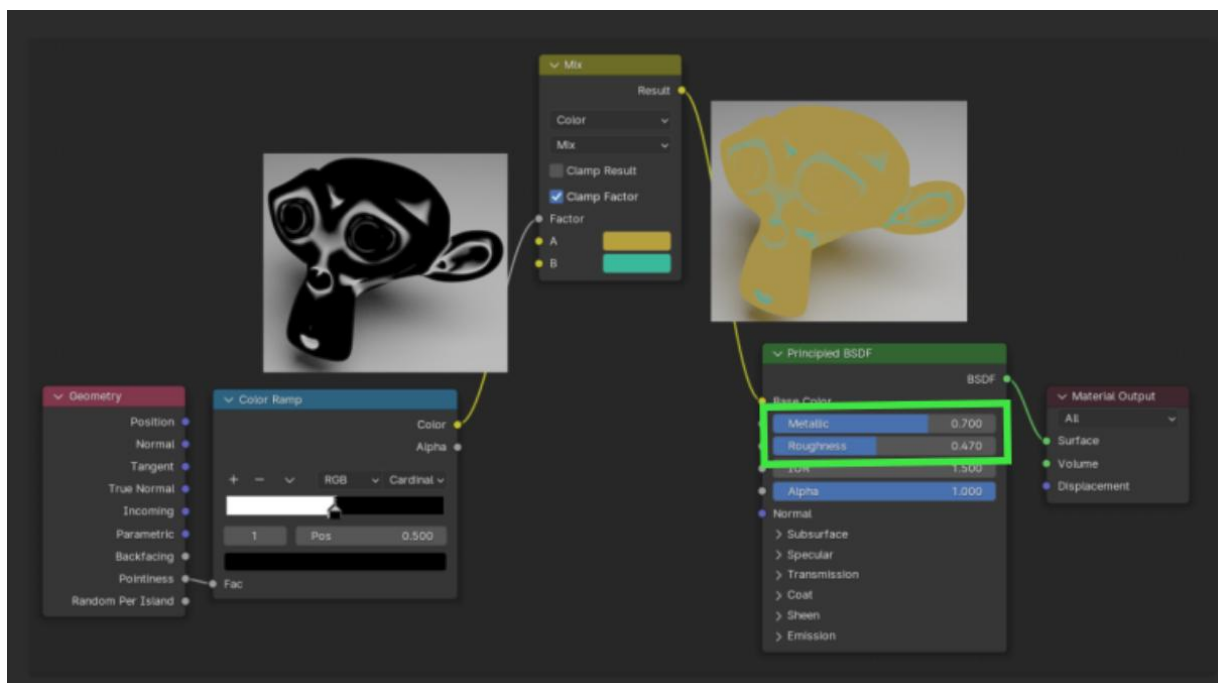


Рисунок 6.2 – Схема нодов патины полученной методом Точечность (Pointiness)

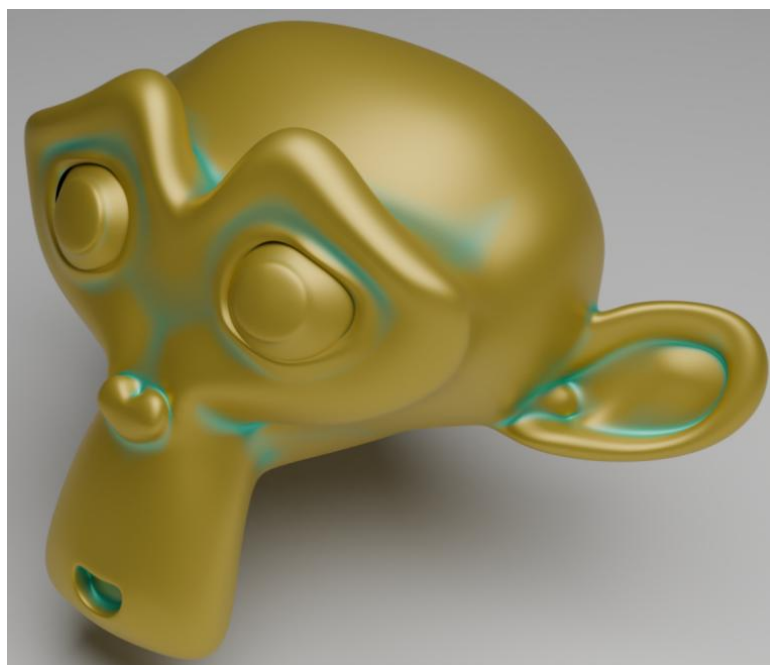


Рисунок 6.3 – Итоговый материал патины полученный методом Точечность (Pointiness)

## 7. Простые потёртости на краях модели с помощью шума





Рисунок 7.1 – Модель с процедурными потёртостями

Для получения модели с потёртостями на краях необходимо построить схему во вкладке затенение (Shading):

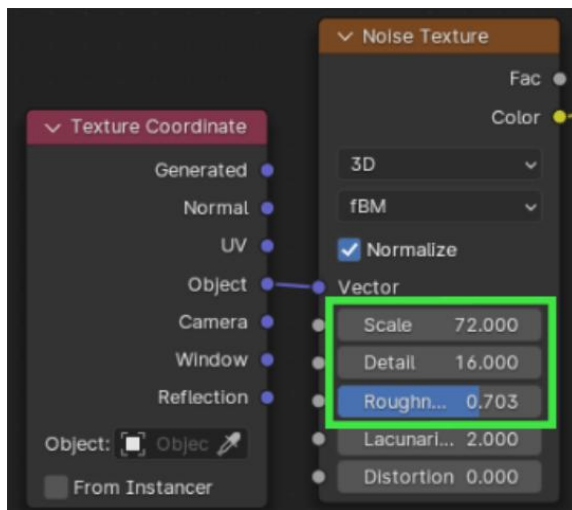
Геометрия (Geometry) для обнаружения краёв объекта через параметр точечность (pointiness), соединённая с градиентом (Color Ramp) со значениями белого (0.531) и чёрного (0.460) для получения карты высот.



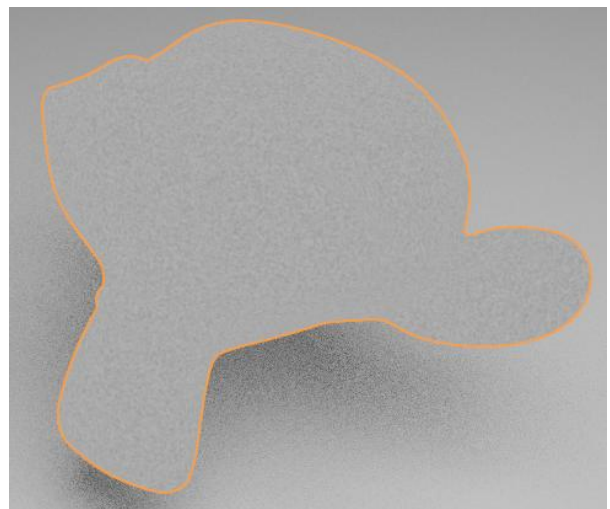
Рисунок 7.2 – Связь геометрии и цветовой рампы: а) Схема нодов; б) Результат

Для получения нелинейных краёв перехода от цвета к потёртостям необходимо использовать ноды текстурных координат (Texture Coordinate) и текстуры шума (Noise Texture: 3D; fbm; Normalize; Scale: 72; Detail: 16; Roughness: 0.703) для получения карты шума.





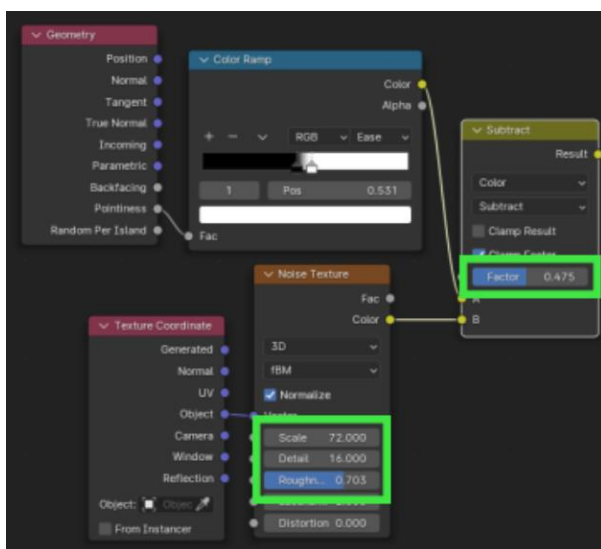
а)



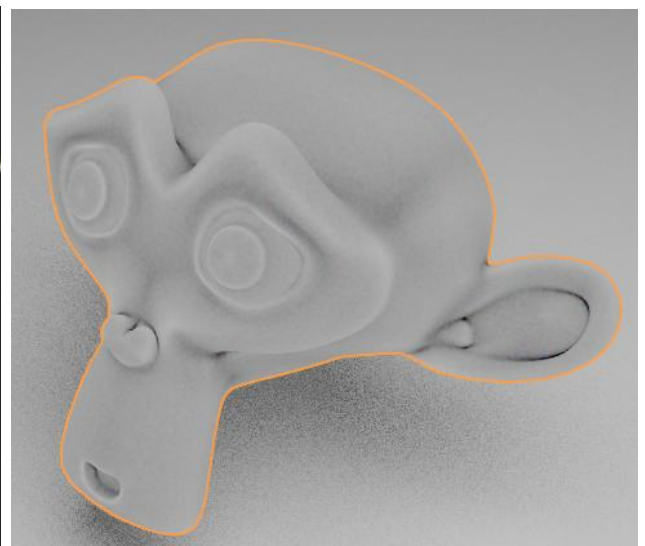
б)

Рисунок 7.3 – Связь текстурных координат и текстур шума: а) Схема нодов; б) Результат

Затем необходимо объединить предыдущие результаты в ноде смешение цвета (Mix Color) в режиме вычитание (Subtract) и фактором (Factor: 0.475) для получения карты поверхности с шумом.



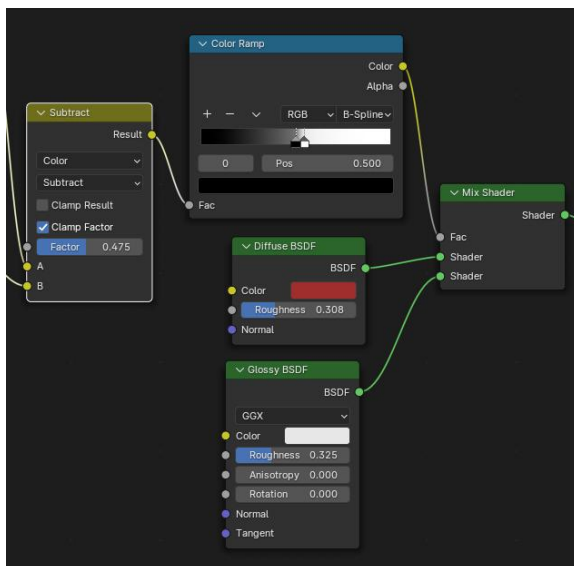
а)



б)

Рисунок 7.4 – Объединение предыдущих двух шагов: а) Схема нодов; б) Результат

В смешивании затенения (Mix Shader) необходимо объединить результат предыдущего шага через градиент (Color Ramp) со значениями белого (0.545), чёрного (0.500) , Диффузный BSDF (Diffuse BSDF) с основным цветом и глянцевый BSDF (Glossy BSDF: Roughness: 0.482) для металличности.



а)

б)

Рисунок 7.5 – Получение итогового результата материала потёртостей : а) Схема узлов; б) Результат

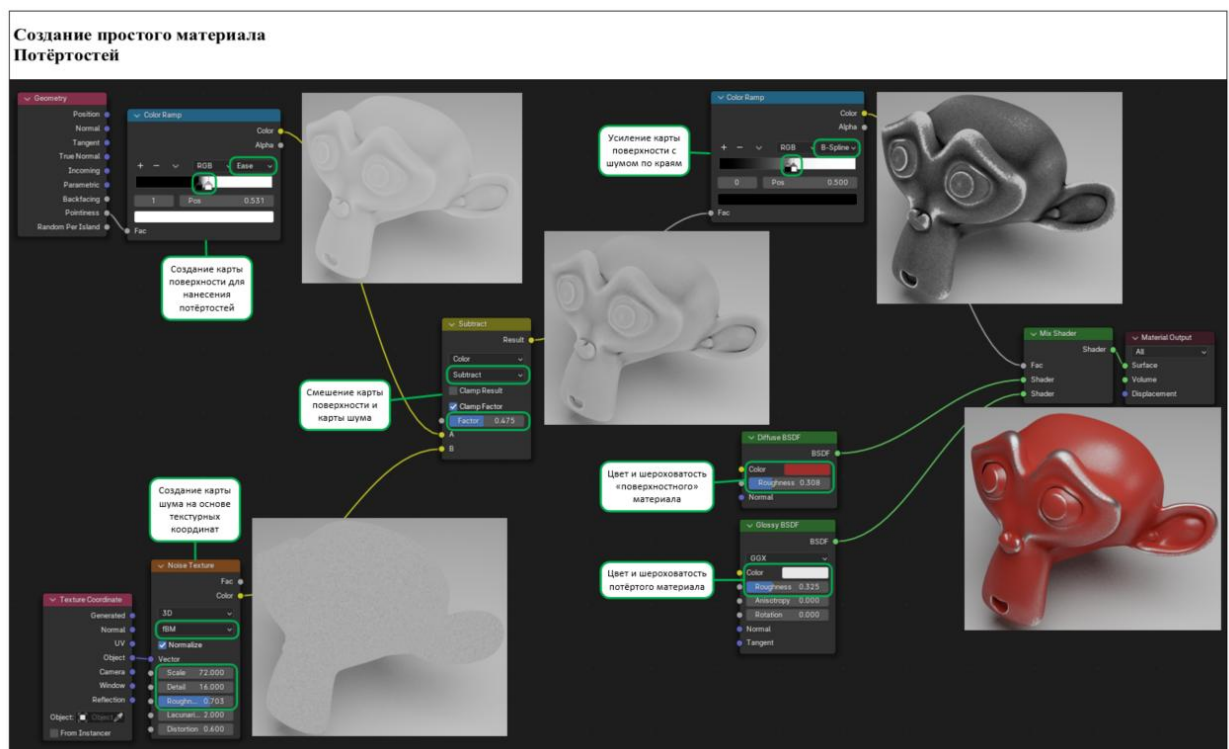


Рисунок 7.6 – Полная карта узлов потёртостей

## 8. Получение физически корректных царапин на пластике



Рисунок 8.1 – Модель с процедурными физически корректными царапинами

Для получения царапин необходимо создать 4 группы с генерацией царапин с 2 общими нодами значения и текстурных координат.

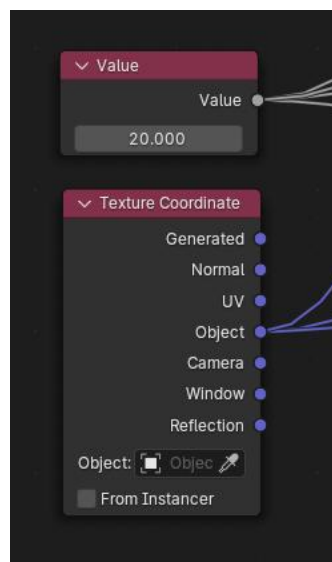


Рисунок 8.2 – Общие ноды у групп царапин, значение (Value) и текстурные координаты (Texture Coordinate)

Вертикальные царапины создаются через ноды отображение (Mapping: Scale: X: 30), к которому присоединён общий нод текстурных координат,

текстуры шума (Noise Texture), к которому присоединён нод значения, и градиента (Color Ramp: 0: 0.643 ; 1: 0.715) для случайного расположения вертикальных царапин.

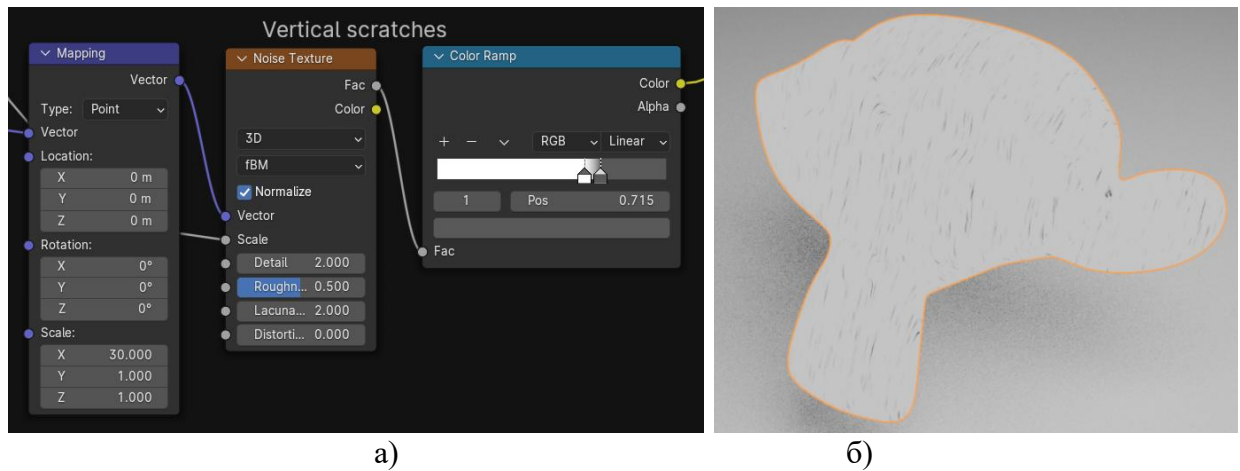


Рисунок 8.3 – Вертикальные царапины: а) Схема нодов; б) Результат

Горизонтальные царапины создаются аналогично через ноды отображение (Mapping: Scale: Z: 30), к которому присоединён общий нод текстурных координат, текстуры шума (Noise Texture), к которому присоединён нод значения, и градиента (Color Ramp: 0: 0.643 ; 1: 0.715).

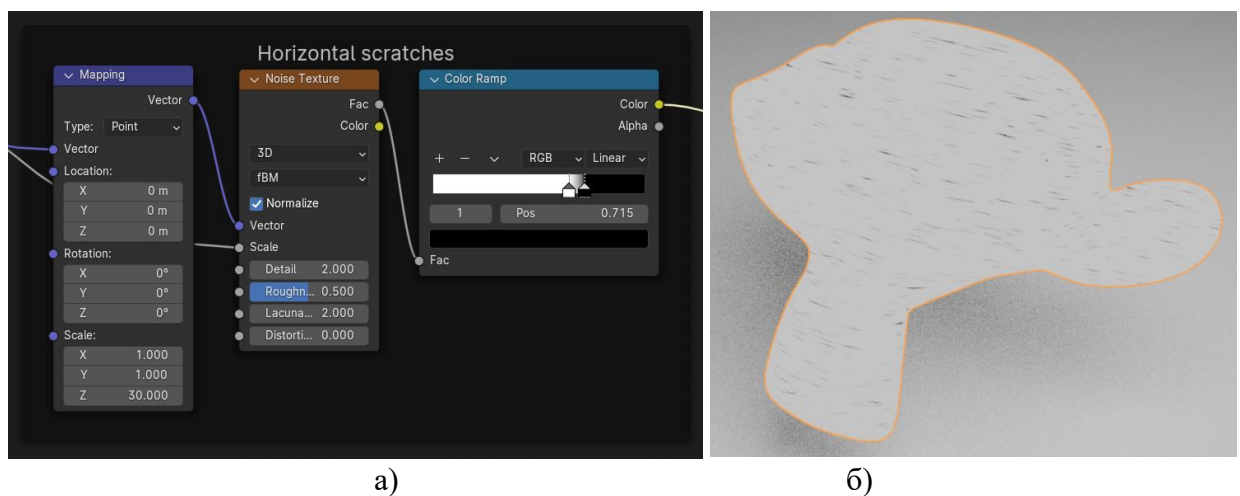


Рисунок 8.4 – Горизонтальные царапины: а) Схема нодов; б) Результат

Случайные царапины с различными направлениями создаются через ноду сложения (Add: Clamp), двух текстур шума с градиентами (Noise Texture: Distance to Edge) (Color Ramp: 0: 0.008 ; 1: 0.026) и (Noise Texture: F1; Euclidean) (Color Ramp: 0: 0.381 ; 1: 0.614).

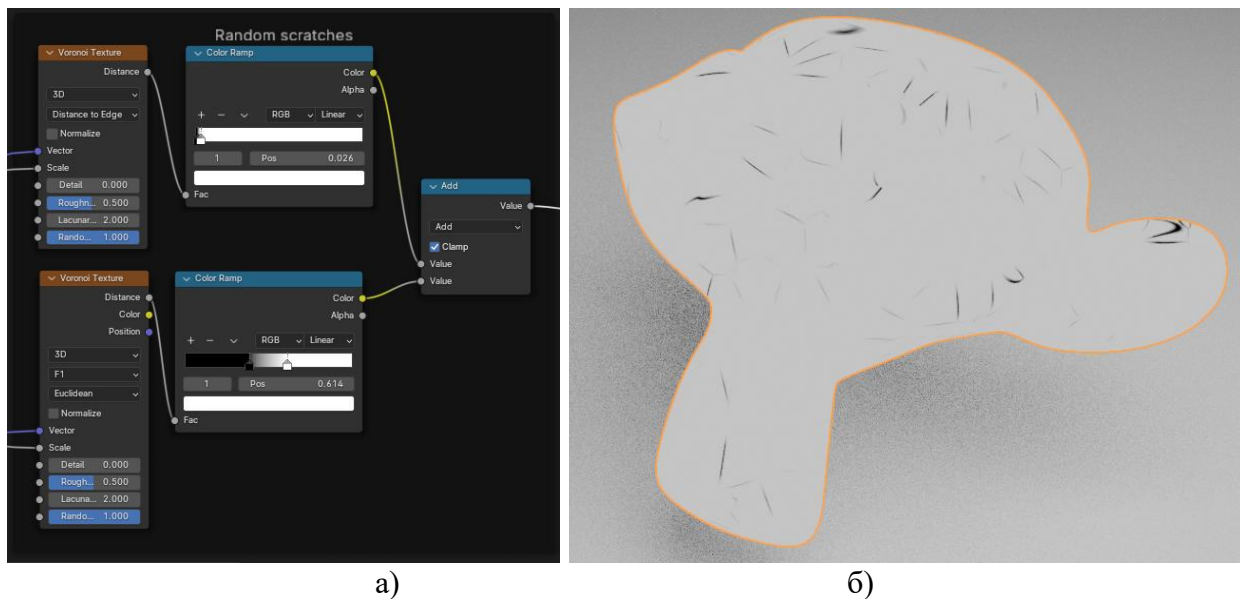


Рисунок 8.5 – Случайные царапины: а) Схема нодов; б) Результат

Дополнительные случайные царапины создаются аналогично через ноду сложения (Add: Clamp), двух текстур шума с градиентами (Noise Texture: Distance to Edge) (Color Ramp: 0: 0.008 ; 1: 0.026) и (Noise Texture: F1; Euclidean) (Color Ramp: 0: 0.381 ; 1: 0.614), но с добавлением ноды отображения (Mapping).

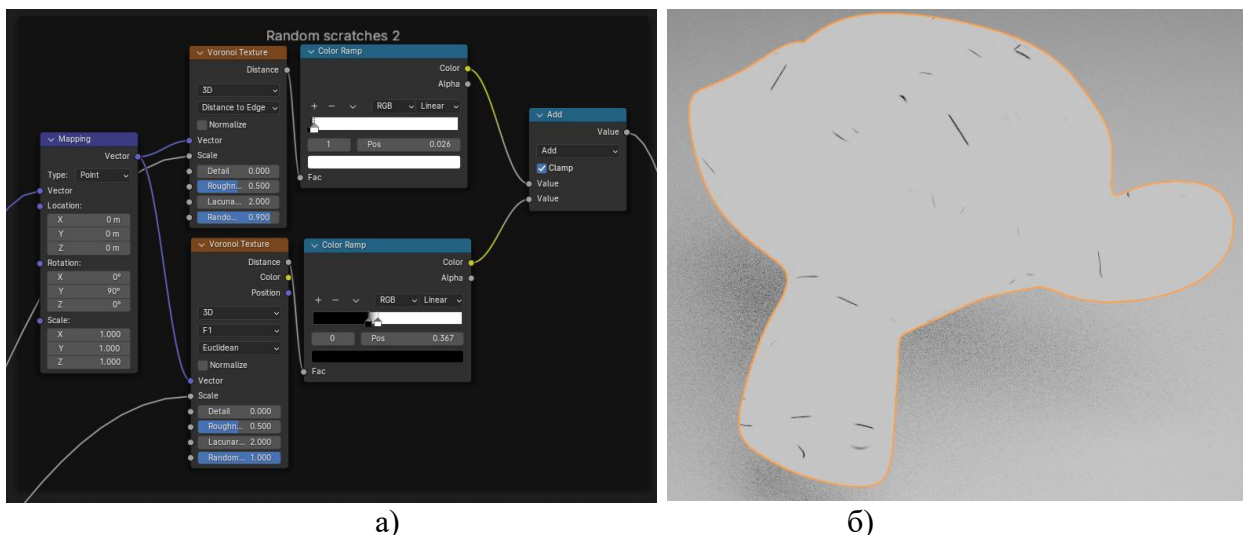
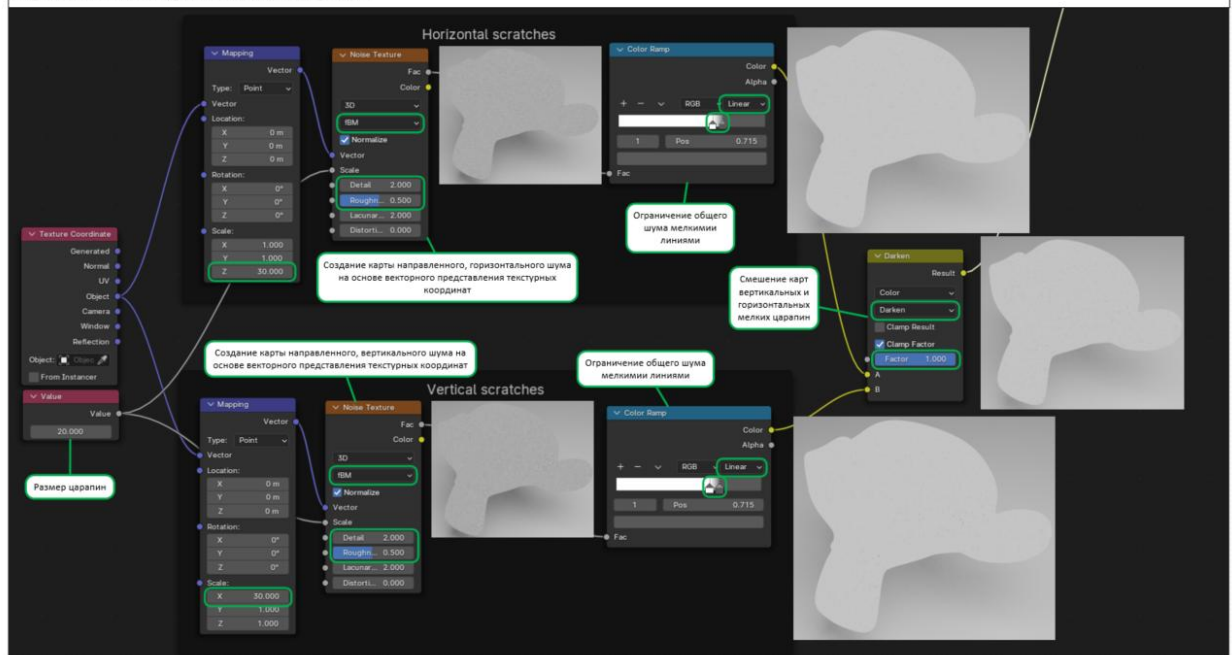


Рисунок 8.6 – Дополнительные случайные царапины: а) Схема нодов; б) Результат

Теперь необходимо объединить вертикальные и горизонтальные, случайные и дополнительные случайные царапины через ноды смешивания цвета в режиме затенения (Mix Color: Derken: Factor: 1), после чего так же объединить результаты.

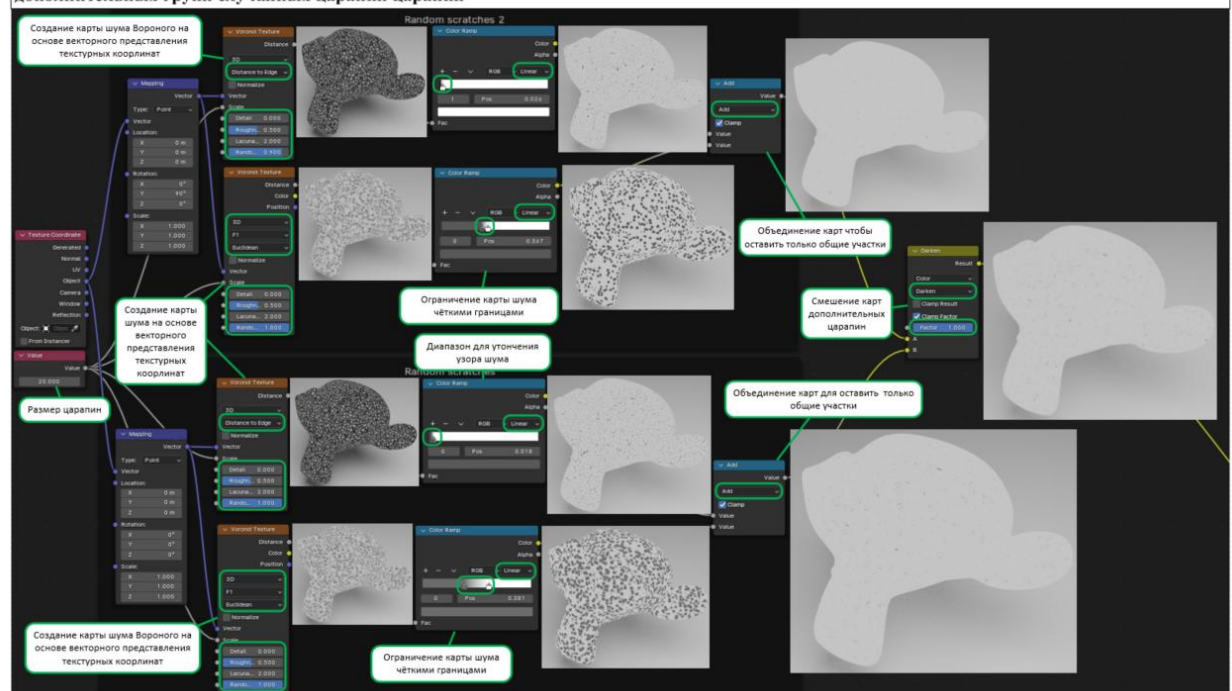


Создание карты нодов для  
Вертикальных и горизонтальных царапин



а)

Создание карты нодов для двух  
дополнительных групп случайных царапин



б)

Рисунок 8.7 – Создание и объединение царапин: а) Вертикальные и горизонтальные царапины; б) Две группы дополнительных случайных царапин;

Через нод неровности (Bump: Strenght: 0.7) и Principial BSDF создаётся расцарапанная модель с заданным цветом, параметром силы можно регулировать глубину - мощность царапин.



Последний этап создания материала  
Физически корректных царапин

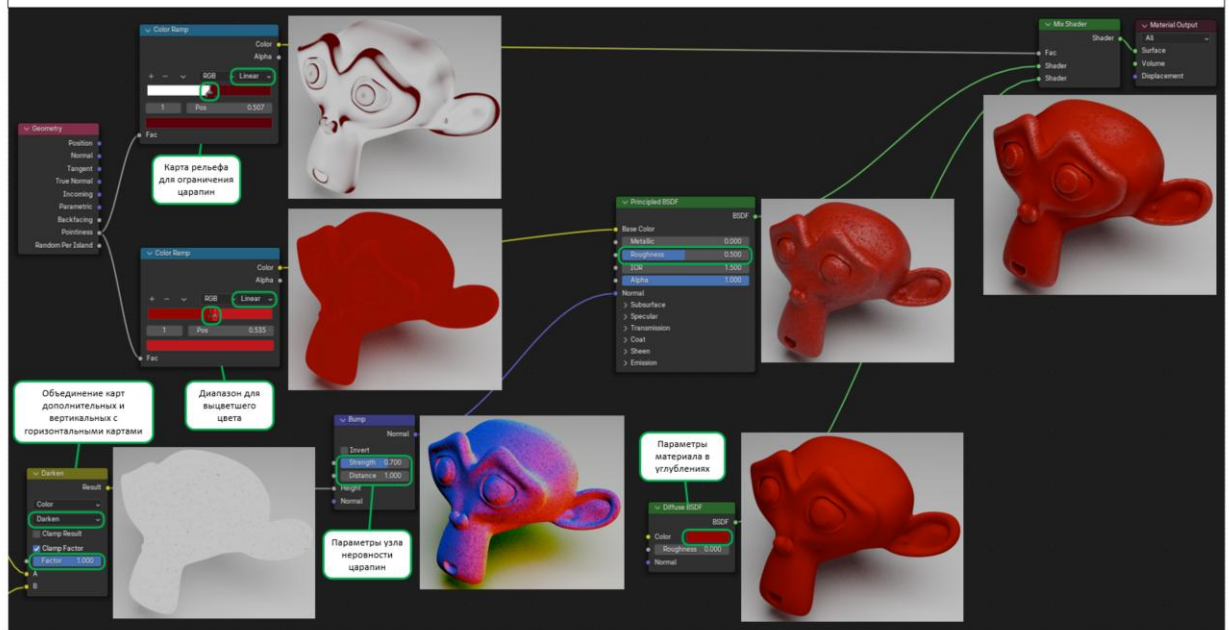


Рисунок 8.8 – Карта нодов для создание пластика с царапинами



Рисунок 8.9 – Результат без ограничений царапин

После чего результат ограничивается картой рельефа, которая позволяет убрать царапины из углублений модели.



Рисунок 8.10 – Материал с физически корректными царапинами

## **9. Потёртости на краях с направлениями**



Рисунок 9.1 – Модель с потёртостями в виде царапин

Для получения потёртостей в виде царапин необходимо в карту шумов присоединить сгенерированные царапины в качестве трафарета, а не текстурные координаты.

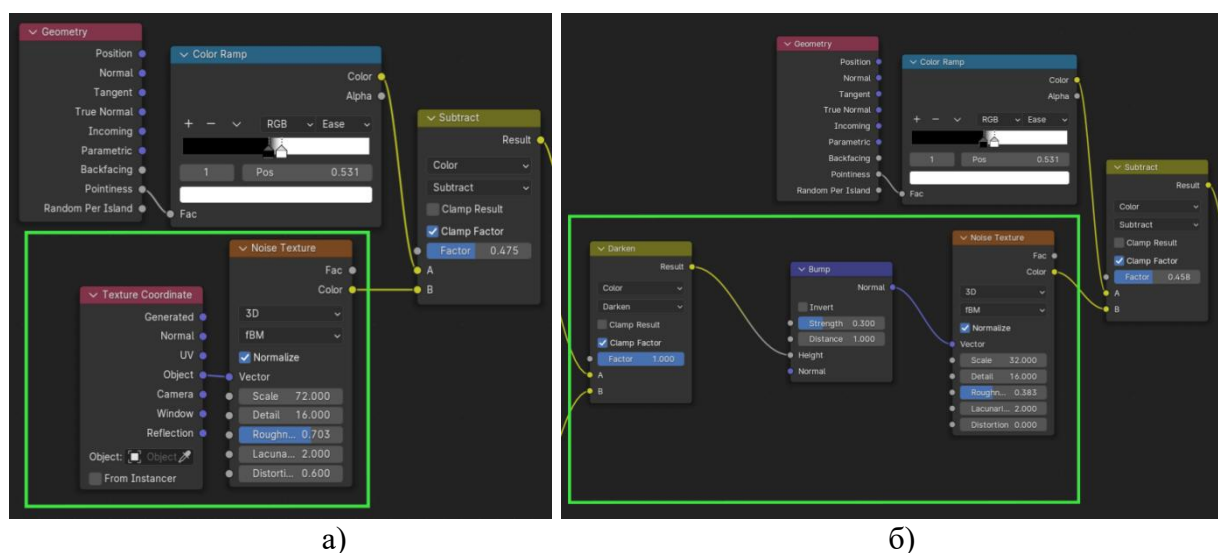


Рисунок 9.2 – Схема нодов объединения: а) Карта нодов в изначальном варианте; б) Карта нодов с царапинами в качестве шаблона

## 10. Сложная патина на латуни



Рисунок 10.1 – Модель со сложной патиной на латуни

Для получения такого материала необходимо создать из шума точки, которые станут ямками, ограничить её, создать «налёт» с помощью метода Точечность (Pointiness), создать градиентом карту шероховатостей и доработать материал общим BSDF.

Создание карты шума строится из нод текстурных координат (Texture Coordinate: Object) чтобы использования координаты для размещения точек, значения (Value: 10) для ровных круглых точек, карты (Mapping) для перевода значений в вектор, текстура вороного (Voronoi Texture: 3D; F1; Scale: 5; Detail: 5; Roughness: 0; Lacunarity: 2; Random: 1) для создания карты точек и градиента (Color Ramp: 0: 0.413; 1: 0.420001) для ограничения границ шума и приведения их к чётким границам.



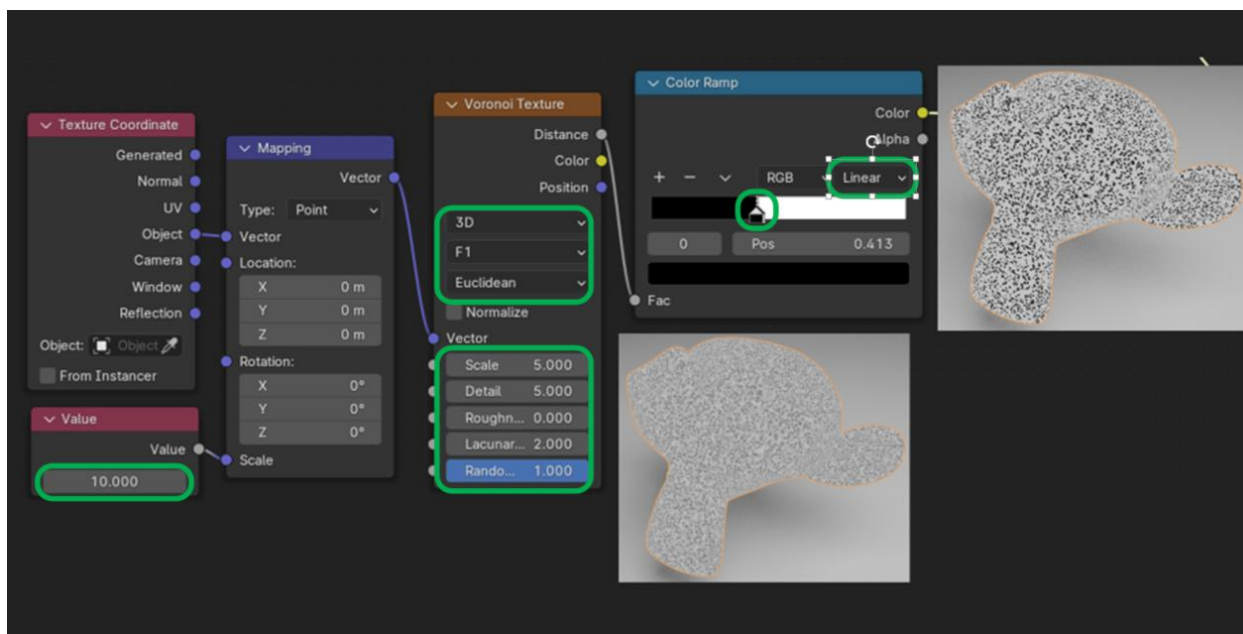


Рисунок 10.1 – Получение карты шума для материала сложной патины

Карту шума точек нужно ограничить градиентом (Color Ramp: 0: 0.413; 1: 0.420001) и смешением цветов (Mix Color: Screen: Factor: 1) исходя из референса.

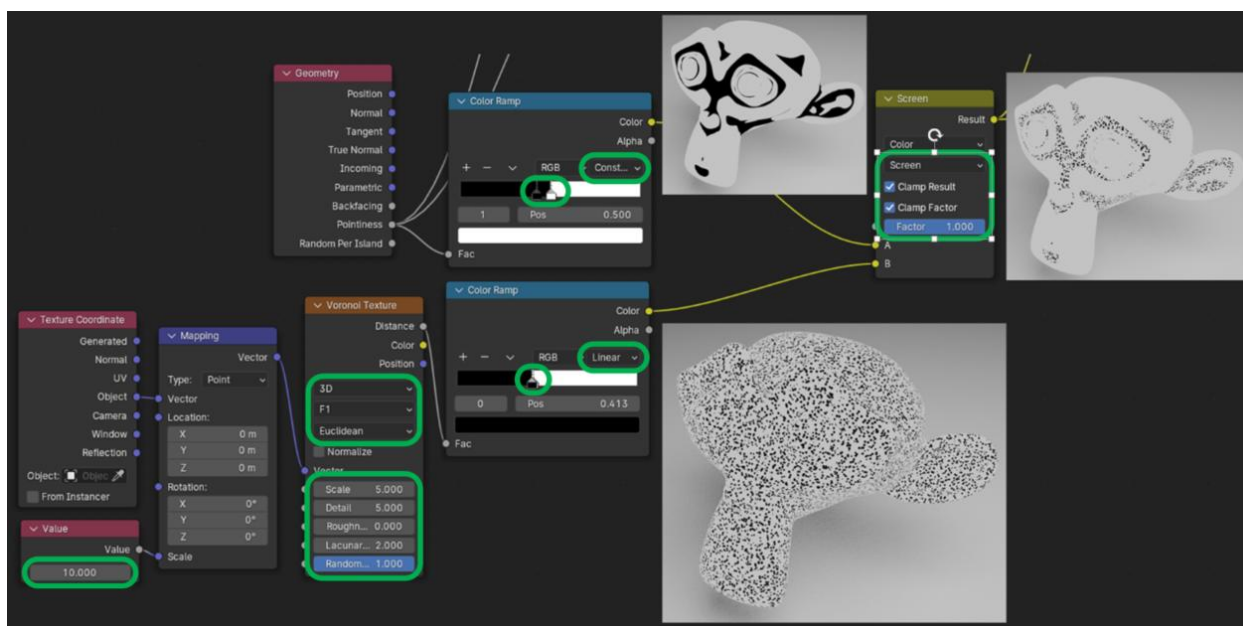


Рисунок 10.2 – Ограничение карты с шумов

Расцветка модели происходит с помощью 2 нод градиента (Color Ramp: 1: 0: 0.4999; 1: 0.5; 2: 0: 0.413; 1: 0.420001) для ограничения карты точек и выделения цветом углублений, 2 нод гаммы (Gamma: 1: 0097C0, 1; 2: FFE493, 1) для цветов латуни и патины и 4 смещений цветов (Mix Color: 1: Screen; 2: Mix: Factor: 1; 3: Mix: Factor: 1; 4: Darken) для ограничения карты точек, расцветки ограниченной карты, расцветки углублений и цветной карты с цветными углублениями.

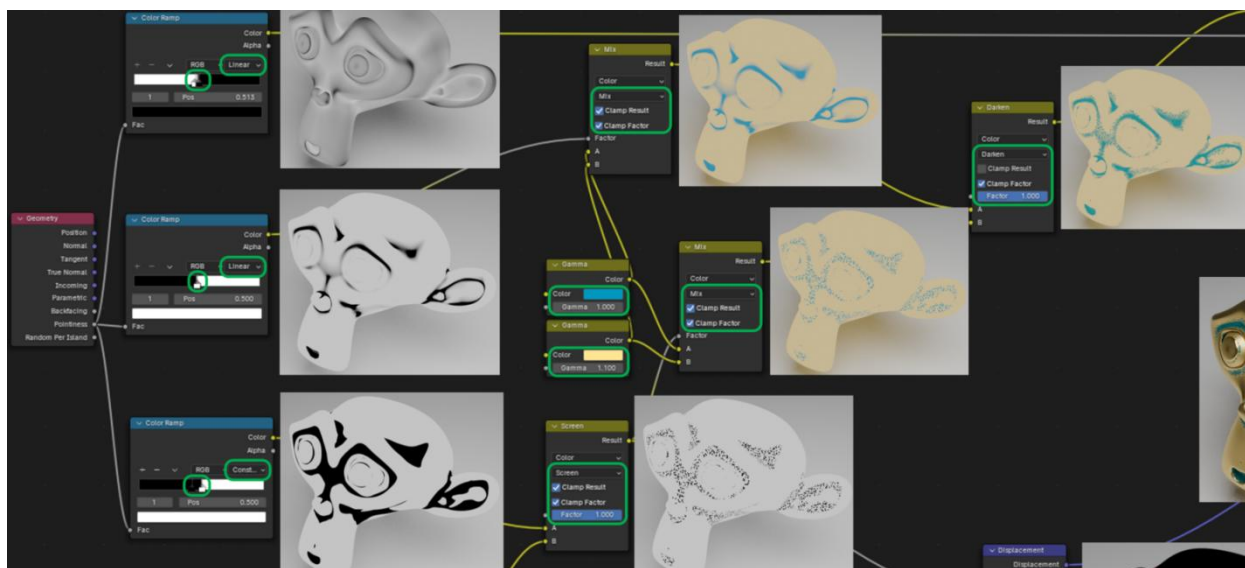


Рисунок 10.3 – Получение расцветки

Для получения итогового результата нужно добавить материалу шероховатостей (Roughness) через градиент (Color Ramp: 0: 0.487545, 1: 0.513245) и принципиальный BFSD (Principled BFSD: Metallic: 1), туда же добавить итоговую расцветку (Base Color) из смешения цветов (Mix Color: Daren, Factor: 1), а так же подключить ограниченную карту точек (Mix Color: Screen, Factor: 1) через нод смещения (Displacement: Midlevel: 1, Scale: 1) к выводу материала (Material Output).

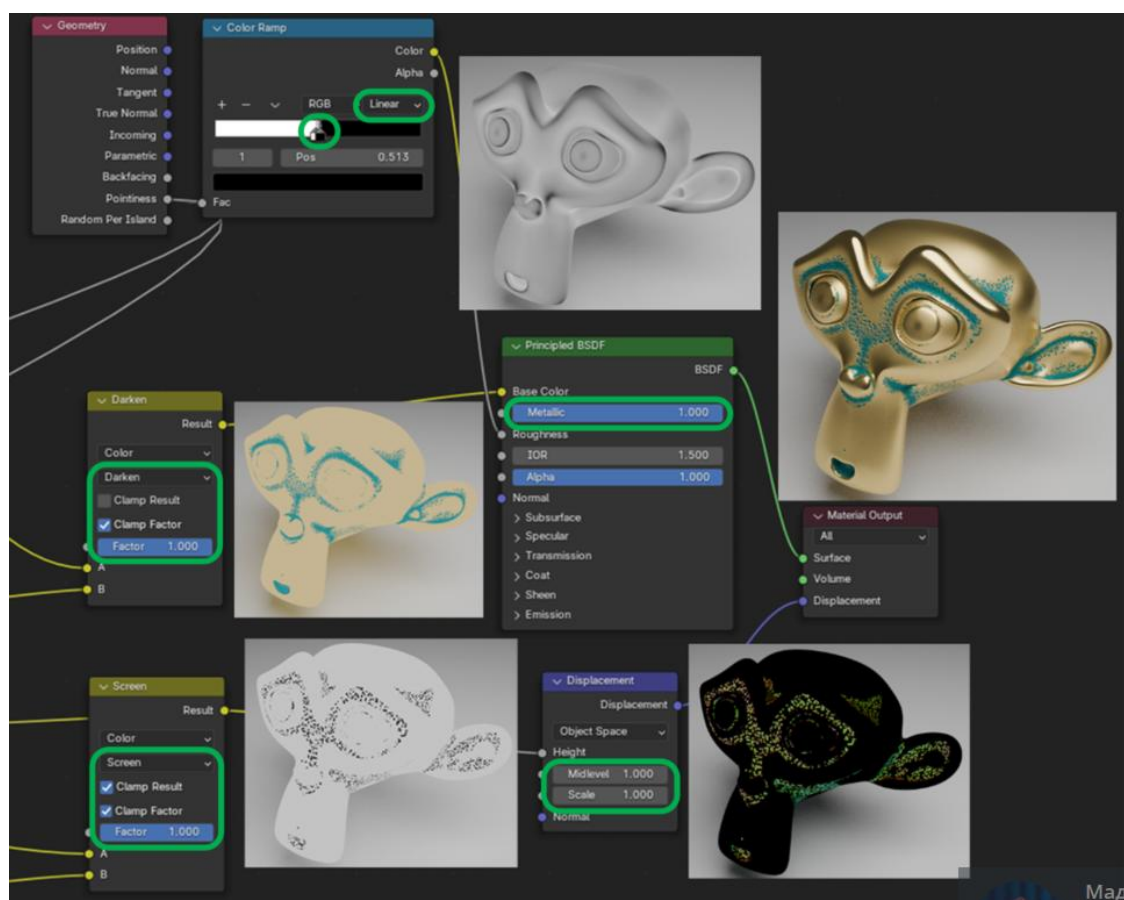


Рисунок 10.5 – Соединение карты шероховатостей, цвета и ямок для получения итогового результата





Рисунок 10.6 – Итоговый результат материала со сложной патиной на латуни

## 11. Заключение

В ходе курсовой работы были созданы процедурные материалы разной сложности для визуализации таких выработок на материалах как: царапины, патина и потёртости. Для получения сложных материалов понадобилось изучить и построить большие карты нодов с помощью дополнения Node Wrangler, благодаря чему изучены разные способы создания процедурных материалов в программе Blender.

Было замечено что сложные материалы не обходятся без узлов с шумами, так как природа всегда случайна, следовательно, для получения реалистичных материалов нужно использовать подражание случайности.

Так же после рассмотрения узлов неровности (Bump) и смещения (Displacement) выяснена разница в работе. Узел неровности (Bump) делает только видимость неровности, поверхность не изменяется. Узел смещения (Displacement) деформирует объект, изменяет его поверхность.

Во время работы дополнение Node Wrangler ускоряло работу, так как оно расширило функционал программы Blender. С помощью дополнения можно быстро переключаться между нодами, автоматизировать подбор, создавать, группировать, соединять ноды, работать с группами нод, что повлияло на эффективность работы над материалами.

## 12. Библиография

1. Потёртые углы и грязевые карты [Электронный ресурс]. URL: [https://blender.fandom.com/ru/wiki/Потерты́е\\_углы\\_и\\_грязевые\\_карты](https://blender.fandom.com/ru/wiki/Потерты́е_углы_и_грязевые_карты) (Дата обращения: 12.04.24)
2. Blender: Создание потёртостей на краях объектов [Электронный ресурс]. URL: <https://mapper720.ru/tutorials/attritions.html> (Дата обращения: 20.03.24)
3. Blender Secrets - Worn Edges [Электронный ресурс]. URL: <https://www.blendersecrets.org/secrets/worn-edges> (Дата обращения: 29.03.24)
4. Процедурно генерируемые текстуры в Blender [Электронный ресурс]. URL: <https://breusav.ru/блог/моделирование/blender/процедурные-материалы.-часть-1/> (Дата обращения: 13.04.24)
5. 45. Blender. Vertex Paint (Рисование по вершинам) [Электронный ресурс]. URL: [https://www.youtube.com/watch?v=IGVr\\_QQqmoA](https://www.youtube.com/watch?v=IGVr_QQqmoA) (Дата обращения: 20.03.24)
6. Procedural Scratched Plastic (Blender Tutorial) [Электронный ресурс]. URL: [https://www.youtube.com/watch?v=l0whu3494\\_c&t=1013s](https://www.youtube.com/watch?v=l0whu3494_c&t=1013s) (Дата обращения: 18.04.24)
7. Blender Quick Tips - Pointiness Value [Электронный ресурс]. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=SYslucCSnPI&t=224s> (Дата обращения: 10.04.24)
8. Хохлов П.В., Хохлова В.Н. Технологии трехмерного моделирования и визуализации изображений в визуализаторе Арнольд (Arnold, 3ds Max) : Учебное пособие / Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики; каф. Систем автоматизированного проектирования. – Новосибирск, 2021. – 160 с.