

以下の論文は、ChatGPT をカスタマイズした「技術士二次試験三上塾 AI 論文作成ツール」

<https://suninfo.co.jp/g2gpt/>

が作成した「概要論文」なので、一般的な合格論文と異なります。

勉強の進め方としては、以下の資料を元に論文の方向性を掴みつつ、概要表や出典などを参考に以下の概要論文を修正すると短時間で効率的な勉強ができます。以下の出典の URL をクリックしてもサイトが表示されない場合は、出典名をネット検索してください。

以下の論文では、観点と課題を章の最初に書いていますが、課題などを最後に書きたい場合は、テンプレート（プロンプト）を変更すれば最後に書くことが可能です。

設問は以下のサイトをご覧ください。

https://www.engineer.or.jp/c_categories/index02022.html

=====

以下では、令和 8 年度「金属部門—表面技術—選択科目Ⅲ」の評価軸である「問題解決能力・課題遂行能力」を意識し、選択科目Ⅲ論文作成マニュアルの「現状・問題→観点・課題→最重要課題→複数の解決策→リスク→対策」という骨子に沿って整理します。選択科目Ⅲは 600 字×3 枚で、社会的ニーズ等から複合的問題を把握し、多様な視点から分析して解決手法・遂行方策を論理的に示すことが求められています。

1. 設問のテーマの社会目的

この設問の最上位の社会目的は、

「表面技術によって使用済み金属製品・部品の機能を回復・高度化し、製品寿命を延ばすことで、天然資源投入量と廃棄物発生量を抑制し、資源制約に強いサーキュラーエコノミーを実現すること」

です。

単なる「古い部品の補修」が目的ではありません。

経済産業省の「成長志向型の資源自律経済戦略」も、資源枯渇・調達リスク、廃棄物、カーボンニュートラル等を背景として、国内資源循環システムの自律化・強靱化を掲げています。[\(経済産業省\)](#)

また「循環経済工程表 2024」は、リペア、リユース、リマニュファクチャリング等のビジネスモデル確立を施策の方向性に位置付けています。[\(環境省\)](#)

したがって、

社会目的 → リマニュファクチャリング → 表面技術による機能再生

という上下関係を崩さないことが重要です。

2. 出題者の意図

この問題は、「リマニュファクチャリングについて知っていますか」という知識問題ではありません。

令和8年度の選択科目Ⅲでは、「選択科目」に関わる観点から課題を抽出し、多様な視点から分析して問題解決手法と遂行方策を提示できるかが問われています。

したがって出題者が確認したいのは、

「劣化した金属部品を新品同等の性能に戻し、再び安全に使用するため、表面技術者として何が問題なのかを分析し、技術課題へ変換し、専門技術による解決策を提案し、その副作用まで評価できるか」

です。

特に金属部門の「表面技術」には、めっき、溶射、CVD、PVD、防錆、洗浄、非金属被覆、金属防食等が含まれています。

したがって一般論ではなく、

非破壊検査、表面分析、前処理、ブラスト、めっき、HVOF、コールドスプレー、レーザクラディング、PVD/CVD、密着性、残留応力、皮膜厚さ、摩耗・腐食特性

などを適切に使い、「私は表面技術者として解いている」と採点者に示す必要があります。

3. 重要な箇所・注意すべき箇所

最も重要なのは設問(1)の、

「表面技術を活用したリマニュファクチャリングへの取り組みに関して」

です。

つまり課題は GE 全般ではなく、**表面技術でリマニュファクチャリングを成立させるための課題**でなければなりません。

次に重要なのが、

「多面的な観点から 3 つ」

です。

「検査技術」「溶射技術」「めっき技術」のように技術を 3 個並べただけでは、多面的とは言いにくなります。例えば、

- 品質・信頼性
- 再生技術
- 生産・環境

というように、明確に異なる観点を設定します。

さらに「課題」は、

- × 劣化状態が分からない。
- × 品質がばらつく。
- × 技術が不足している。

という「問題」の表現ではなく、

- 再生可否判定の高度化
- 表面機能再生技術の高度化
- 再製造プロセスの低環境負荷化

という未来に向けて実施する内容にします。

これはマニュアルが重視する「観点→技術課題」の整理とも整合します。

設問(3)にも注意が必要です。「解決策の失敗」を書くのではなく、**3 つの解決策を全部実施して成功した後、それでも新しく発生し得るリスク**を書きます。

4. 論文作成上のポイント

一番きれいなストーリーは、

使用履歴の異なる回収部品

- 劣化状態にばらつき
- 再生可否判断と再生品質確保が難しい
- 診断・再生・品質保証を一体化
- 新品同等の機能・信頼性を確保
- リマニュファクチャリング普及
- 資源投入・廃棄物削減

です。

また、マニュアルでは、課題抽出過程について、背景に潜在する問題発生要因や制約要因を分析し、可能なら理解を助けるデータ・数値を盛り込むことが推奨されています。

専門用語についても「知っている言葉を並べる」のではなく、

問題 → 技術 → 改善する性能 → 社会目的

までつなげます。

例えば、

「HVOF を用いる」

だけでは弱く、

「摩耗部を機械加工・ブラスト処理した後、HVOF により WC-Co 系サーメット皮膜を形成し、高硬度・低気孔率の皮膜によって耐摩耗性を回復する」

まで書けば専門性が見えます。

5. 不合格者と合格者の思考の違い

項目	不合格になりやすい思考	合格者の思考
社会目的	部品を修理する問題	資源循環・資源制約への対応
問題認識	古い部品だから劣化する	使用履歴が異なり劣化状態が個体ごとに異なる
課題	劣化状態が不明	再生可否判定の高度化
観点	とりあえず3個付ける	異なる切り口から同じ社会目的を見る
専門性	CE、DX、AI 中心	検査・表面分析・溶射・めっき・皮膜評価等
解決策	検査を強化する	何を、何で、どのように評価するかまで書く
最重要理由	重要だから	他の解決策の前提・品質保証の起点だから

項目	不合格になりやすい思考	合格者の思考
リスク	解決策が失敗する	全解決策成功後の新たな副作用を考える
全体構成	各章が独立	社会目的からリスク対策まで因果関係でつなぐ

この「骨子を物語としてつなぐ」という考え方が重要です。

6. 概要表

項目	内容
設問の概要（現状・問題）	サーキュラーエコノミー実現と資源制約への対応から、使用済み製品を新品同等性能へ再生するリマニュファクチャリングが重要となっている。一方、回収部品は使用環境・期間・負荷履歴が異なるため、腐食、摩耗、疲労き裂、皮膜剥離等の劣化状態に個体差がある。そのため、表面技術を活用して再生可否を判断し、新品同等の表面機能と信頼性を安定して確保する必要がある。
課題①：品質・信頼性の観点	再生可否判定・品質保証技術の高度化が課題。回収部品では摩耗量、腐食深さ、疲労損傷、既存皮膜の密着状態等が異なるため、外観検査のみでは残存寿命や再生可否を適切に判定できない。
課題②：再生技術の観点	表面機能再生技術の高度化が課題。摩耗・腐食した部位を補修し、寸法精度、耐摩耗性、耐食性、疲労強度等を新品同等まで回復させる必要がある。母材・損傷状態に応じてめっき、HVOF、コールドスプレー、レーザクラディング等を適用する。
課題③：環境・生産の観点	再製造プロセスの低環境負荷化が課題。旧皮膜除去、洗浄、ブラスト、めっき、熱処理等ではエネルギー、薬品、水、廃液等を使用するため、再生そのものの環境負荷が大きくなればCEの効果を損なう。
最も重要な課題	再生可否判定・品質保証技術の高度化
理由	回収部品の劣化状態を正確に把握できなければ、適切な表面再生法・施工条件を選定できず、新品同等性能の保証もできないためである。すなわち後工程すべての前提となる。
解決策①	非破壊検査・表面分析による劣化診断の高度化。渦流探傷、超音波探傷、浸透探傷、三次元形状測定、硬さ測定、SEM/EDS等を組み合わせ、摩耗、腐食、き裂、皮膜剥離等を定量化する。
解決策②	損傷形態に応じた表面再生。旧皮膜除去・ブラスト等の前処理後、HVOF、コールドスプレー、レーザクラディング、電気めっき等を適用する。耐摩耗用途ではWC-Co系サーメット等を用い、寸法・耐摩耗性・耐食性を回復する。

項目	内容
解決策③	再生後の品質保証体系の構築。皮膜厚さ、気孔率、密着強度、硬さ、表面粗さ、耐摩耗・耐食特性等を評価し、施工条件と検査データをトレーサビリティ管理する。
リスク	高性能な表面再生によって表面寿命が延長すると、従来は表面損傷による交換時に同時交換されていた母材内部が長期間使用され、疲労損傷・内部き裂等が蓄積する。その結果、表面は健全でも母材側から突発破損するリスクが生じる。
対策	表面性能だけで再使用可否を判断せず、超音波探傷等による内部欠陥評価、累積使用時間・負荷履歴を含めた残存寿命評価を実施する。再生回数の上限值、廃却基準、検査周期を設定し、ライフサイクル全体で健全性を管理する。

参考出典

1. 経済産業省「成長志向型の資源自律経済戦略」
[経済産業省「成長志向型の資源自律経済戦略」](#)（経済産業省）
2. 環境省「循環経済工程表 2024」
[環境省「循環経済工程表 2024」](#)（環境省）
3. 環境省「第五次循環型社会形成推進基本計画」掲載ページ
[環境省「循環型社会形成推進基本計画」](#)（環境省）
4. International Organization for Standardization, “ISO 59004:2024 Circular economy – Vocabulary, principles and guidance for implementation”
[ISO 59004:2024](#)（ISO）
5. 経済産業省 資源エネルギー庁「令和 5 年度エネルギーに関する年次報告（エネルギー白書 2024） 第 3 部第 1 章第 3 節 鉱物資源の安定供給確保に不可欠なりサイクルの推進及び備蓄体制の強化等」
[エネルギー白書 2024 第 3 部第 1 章第 3 節](#)（エネ庁）
6. “A critical review on thermal spray based manufacturing technologies,”
Materials Today: Proceedings
[A critical review on thermal spray based manufacturing technologies](#)（サイエンスダイレクト）

7. 1800 字程度の論文

以下は、上記概要表をそのまま答案化したものです。マニュアルで示されている「観点→技術課題」「最重要課題→理由→解決策」「全解決策実施後のリスク→対策」の流れに合わせています。

1. 多面的な観点からの課題の抽出

1) 再生可否判定・品質保証技術の高度化

品質・信頼性の観点で考えれば、再生可否判定・品質保証技術の高度化が課題である。具体的には、回収部品は使用期間、温度、荷重、腐食環境等の履歴が異なり、摩耗、腐食、疲労き裂、既存皮膜の剥離等の劣化状態に個体差がある。このため、外観検査だけでは母材内部を含めた健全性や残存寿命を適切に把握できない。そこで、表面及び内部の損傷を定量化し、再生可否と再生後の性能を保証する技術の高度化が必要である。

2) 表面機能再生技術の高度化

再生技術の観点で考えれば、表面機能再生技術の高度化が課題である。具体的には、リマニュファクチャリングでは摩耗や腐食によって失われた寸法精度だけでなく、耐摩耗性、耐食性、疲労強度等を新品同等まで回復させる必要がある。しかし、母材材質や損傷形態は部品ごとに異なるため、一律の補修方法では要求性能を安定して確保できない。このため、損傷状態に応じた適切な表面処理技術の選定が必要である。

3) 再製造プロセスの低環境負荷化

環境・生産の観点で考えれば、再製造プロセスの低環境負荷化が課題である。具体的には、再製造には旧皮膜除去、脱脂・洗浄、ブラスト、めっき、溶射、熱処理等が必要であり、エネルギー、水、薬品を消費するとともに廃液等も発生する。再生工程の環境負荷が大きくなれば、資源消費量や廃棄物を削減するリマニュファクチャリングの効果が低下する。このため、表面再生工程全体の省資源・省エネルギー化が必要である。

2. 抽出した課題のうち最も重要と考える課題と解決策

私は「再生可否判定・品質保証技術の高度化」が最も重要な課題と考える。理由は、回収部品の劣化状態を正確に把握できなければ、適切な再生方法を選定できず、新品同等の性能も保証できないからである。以下にその解決策を示す。

1) 非破壊検査等による劣化診断の高度化

表面及び母材の劣化状態を定量的に把握することが重要である。具体的には、三次元形状測定により摩耗量を定量化するとともに、浸透探傷、渦流探傷、超音波探傷等により表面・内部き裂を検出する。また、必要に応じて硬さ測定や SEM/EDS 等による表面分析を行い、腐食や皮膜劣化の状態を評価する。これらの結果から再生可否を判定する。

2) 損傷状態に応じた表面再生

損傷状態に応じて最適な表面処理を適用することが重要である。具体的には、旧皮膜を除去し、ブラスト処理等により清浄度と表面粗さを確保する。その後、摩耗部には HVOF による WC-Co 系サーメット皮膜、熱影響を抑える必要がある部品にはコールドスプレー、局

所的な肉盛りにはレーザクラッディング等を適用する。これにより寸法精度と耐摩耗・耐食性能を回復する。

3) 再生後の品質保証体系の構築

再生品の性能を定量的に保証することが重要である。具体的には、皮膜厚さ、気孔率、密着強度、硬さ、表面粗さ等を評価するとともに、用途に応じて摩耗試験や腐食試験を実施する。さらに、部品の使用履歴、検査結果、前処理条件、溶射・めっき等の施工条件をデジタル管理し、再生品ごとのトレーサビリティを確保する。

3. 解決策を実行しても新たに生じうるリスクと対策

1) リスク

リスクとしては、表面機能の長寿命化に伴う母材内部の疲労損傷の顕在化がある。具体的には、高性能皮膜の形成によって従来より長期間使用できるようになる一方、母材には繰返し荷重による疲労損傷が累積する。このため、表面には異常がなくても内部き裂が進展し、再生品が突発的に破損する可能性がある。

2) 対策

対策としては、母材を含めた残存寿命管理がある。具体的には、再生時に超音波探傷等で内部欠陥を確認するとともに、累積使用時間、温度、荷重等の履歴から母材の残存寿命を評価する。また、再生回数の上限、内部欠陥の許容値及び廃却基準を設定する。これらをトレーサビリティ情報と連携し、表面だけでなく部品全体のライフサイクルを管理することで、リマニュファクチャリングと安全性を両立させる。

この答案のポイントは、「検査→再生→品質保証」の3解決策が独立しているのではなく、一つのリマニュファクチャリング工程として連続していることです。また、リスクを「皮膜が剥離する」のような単純な施工不良にせず、「表面寿命を延ばした結果、母材寿命が相対的に支配的になる」という解決策成功後だからこそ発生する新しいリスクにした点が、選択科目Ⅲとして特に重要です。

以上