

機械保全技能検定 機械系2級 実技

出題数：8問（2019年度の場合、解答箇所は1問当たり4～12か所、計63か所）
 合否基準：減点法で41点以上の減点がないこと。正答以外の解答（不正解、空欄、記入ミスなど）は、全て減点対象。

出題は2014年まで「職業能力開発協会」。2015年からは「日本プラントメンテナンス協会」

	2016	2017	2018	2019	2020
1 潤滑剤	(出題なし)	(出題なし)	(出題なし)	(出題なし)	(出題なし)
2 軸受損傷	<p>＜軸受損傷写真＞A、Bの損傷の＜名称＞＜原因＞＜対応処置＞を選択肢より選べ</p> <p>●クリープ。しめしろ不足。はめ合いを修正し、適正なしめしろを確保する。</p> <p>●錆・腐食。水・腐食性物質の侵入。高温、多湿のところでは保管に注意。</p>	(出題なし)	<p>＜軸受損傷写真＞A、Bの損傷の＜名称＞＜原因＞＜対応処置＞を選択肢より選べ</p> <p>●フレッチング。はめ合い面の微小すき間におけるすべり摩耗。微小振幅のすべりを生じないように、はめ合いを修正する。</p> <p>●フレーキング。過大荷重、潤滑剤の不足・不適による軸受材料の疲れ。荷重の低減、軸受や潤滑剤の選定し直し。</p>	<p>＜軸受損傷写真＞A、Bの損傷の＜名称＞＜原因＞＜対応処置＞を選択肢より選べ</p> <p>●フレーキング。過大荷重、潤滑剤の不足・不適による軸受材料の疲れ。荷重の低減、軸受や潤滑剤の選定し直し。</p> <p>●電食。通電によるスパーク。軸受に電流を通過させないバイパス回路の設置。</p>	<p>＜軸受損傷写真＞A、Bの損傷の＜名称＞＜原因＞＜対応処置＞を選択肢より選べ</p> <p>●フレッチング。はめ合い面の微小すき間におけるすべり摩耗。微小振幅のすべりを生じないように、はめ合いを修正する。</p> <p>●フレーキング。過大荷重、潤滑剤の不足・不適による軸受材料の疲れ。荷重の低減、軸受や潤滑剤の選定し直し。</p>
3 歯車損傷	<p>(出題なし)</p>	<p>＜歯車損傷写真＞A、Bの損傷の＜名称＞＜現象＞＜対応処置＞について選択肢より選べ</p> <p>●スポーリング。大きな金属片のはく離または脱落。材質切欠きができないよう、歯層面の硬化熱処理を改善する。</p>	<p>＜歯車損傷写真＞A、Bの損傷の＜名称＞＜現象＞＜対応処置＞を選択肢より選べ</p> <p>●スポーリング。大きな金属片のはく離または脱落。材質切欠きができないよう、歯層面の硬化熱処理を改善する。</p>	(出題なし)	<p>＜歯車損傷写真＞A、Bの損傷の＜名称＞＜現象＞＜対応処置＞について選択肢より選べ</p> <p>●スポーリング。大きな金属片のはく離または脱落。材質切欠きができないよう、歯層面の硬化熱処理を改善する。</p> <p>●スコーリング。溶着と引き裂きが交互に起こり、歯先と歯元に無数のひっかきずが生じる。潤滑油の供給量増加、粘度アップ。</p>
<p>クリープは2013,2015も出題。テンパーカラーは2013,2015出題。スミアリングは2013～出題実績なし。</p> <p>ピッチングは2013,2015出題。スポーリングは2015も出題。スコーリングは2012,2013も出題。アブレシブ摩耗は2012出題。ローリング（塑性流れ）は出題実績なし。出題される写真はテキストに載っていたものとは異なるので、特徴をよくつかんでおくこと。2020の選択肢は「ピッチング、スポーリング、スコーリング、ローリング、リップリング」ローリングやリップリングはまず出題されないと考えて差し支えない。</p>					

4	振動	<p>＜排気ファン装置図＞に示す排気ファン装置について＜振動測定結果表＞に示す結果を得た。異常と推定される部位と不具合を＜排気ファン装置図＞＜不具合＞の中から選べ</p> <p>＜排気ファン装置図＞ プロロ</p>	<p>●ア、イ、ウの測定箇所、それぞれ測定方向として H:水平方向 V:垂直方向 A:軸方向</p> <p>※初期値と今回測定値が示される。大きく変わっているところに注目する。 Hが大さい →プロランナーのアンバランス Vが大さい→基礎ボルトのゆるみ Aが大さい→軸継手部のミスアライメント H, V→A→ファン回転体のアンバランス 加速度が大さい→軸受のきず、減速機歯車の損傷</p> <p>プロランナー…ファン回転体 アライメント…組付け精度を適切に調整すること。</p>	2018,2019 (出題なし)	(出題なし)
5	破断	<p>＜破断面写真＞A～Cの損傷の＜名称＞＜内容＞を選択肢より選べ</p> <p>●静的破壊。単純増加荷重による。 ●疲労破壊。繰返し荷重による。 ●応力腐食割れ。腐食性液体、または気体による化学的影響を伴う力学的破壊。</p> <p>(出題なし)</p>	<p>●静的破壊。単純増加荷重による。 ●疲労破壊。繰返し荷重による。 ●応力腐食割れ。腐食性液体、または気体による化学的影響を伴う力学的破壊。</p>	2013,2015も出題。衝撃破壊は2013,2015出題。クリープ破壊は2013～出題実績なし。	<p>＜破断面写真＞A～Cの損傷の＜名称＞＜内容＞を選択肢より選べ</p> <p>●静的破壊。単純増加荷重による。 ●疲労破壊。繰返し荷重による。 ●応力腐食割れ。腐食性液体、または気体による化学的影響を伴う力学的破壊。</p>
6	軸加工	<p>工作機械の＜主軸台中間軸＞は、深溝玉軸受で支持され回転。旋盤加工を終えた寸法測定図。軸径をマイクロメータで測定した＜測定写真＞A,Bの＜測定値＞＜対応処置＞を選択肢より選べ</p> <p>●マイクロメーター目盛りの写真から数値を読み取る。＜対応処置＞は指示寸法から外れた値により、《旋盤加工、研削盤加工、ペーパー研磨、そのまま使用、硬質クロムめっき、溶射・肉盛》を実施する。</p>	<p>(出題なし)</p> <p>(出題なし)</p>	<p>工作機械の＜主軸台中間軸＞は、深溝玉軸受で支持され回転。旋盤加工を終えた寸法測定図。軸径をマイクロメータで測定した＜測定写真＞A,Bの＜測定値＞＜対応処置＞を選択肢より選べ</p> <p>●マイクロメーター目盛りの写真から数値を読み取る。＜対応処置＞は指示寸法から外れた値により、《旋盤加工、研削盤加工、ペーパー研磨、そのまま使用、硬質クロムめっき、溶射・肉盛》を実施する。</p>	<p>工作機械の＜主軸台中間軸＞は、深溝玉軸受で支持され回転。旋盤加工を終えた寸法測定図。軸径をマイクロメータで測定した＜測定写真＞A,Bの＜測定値＞＜対応処置＞を選択肢より選べ</p> <p>●マイクロメーター目盛りの写真から数値を読み取る。 ◎出題された寸法は A)15.10mm(研削盤で所定の寸法に加工。 B)14.00mm(溶射、肉盛)</p>

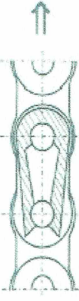
軸径が指示寸法から外れている場合の対応処置
+0.5mm超→旋盤で所定の寸法に加工。+0.02mm～+0.5mm→研削盤で所定の寸法に加工。+0.02mm未満→ペーパー(研磨紙等)で研磨。
±0(指示寸法通り)→そのまま使用。-0.3mm→硬質クロムメッキを施し、所定の寸法に機械加工。-0.3mm超→溶射・肉盛し、所定の寸法に機械加工。

7	軸受部品	<p>＜ウォーム減速機の組立図＞①～④の＜軸受写真＞＜名称＞を選択肢より選べ</p> <ul style="list-style-type: none"> ●深みぞ玉軸受(シールドなし) ●円筒ころ軸受け ●アンギュラ玉軸受 ●円すいころ軸受 <p>ウォーム減速機組立図に示された型名(33010など)から、品名と軸受の写真を答える</p>	<p>＜ウォーム伝動装置の組立図＞①～④の＜部品写真＞＜名称＞を選択肢より選べ</p> <ul style="list-style-type: none"> ●深みぞ玉軸受(シールドなし) ●深みぞ玉軸受(シールド付) ●スラスト玉軸受 ●アンギュラ玉軸受 ●円すいころ軸受 <p>ウォーム減速機組立図に示された型名(33010など)から、品名と軸受の写真を答える</p>	<p>＜ウォーム減速機の組立図＞①～④の＜名称＞＜部品写真＞を選択肢より選べ</p> <ul style="list-style-type: none"> ●深みぞ玉軸受(シールドなし) ●円筒ころ軸受け ●アンギュラ玉軸受 ●円すいころ軸受 <p>ウォーム減速機組立図に示された型名(33010など)から、品名と軸受の写真を答える</p>	<p>＜ウォーム減速機の組立図＞①～④の＜名称＞＜部品写真＞を選択肢より選べ</p> <ul style="list-style-type: none"> ●7208A アンギュラ玉軸受 ●NU208 円筒ころ軸受け ●30212 円すいころ軸受け ●6310 深みぞ玉軸受(シールドなし) <p>(軸受部品は出題なし)</p>	<p>＜ウォーム減速機の組立図＞①～④の＜名称＞＜部品写真＞を選択肢より選べ</p>
8	表面粗さ	<p>深みぞ玉軸受(シールドなし)は2012も出題。円筒ころ軸受は2014も出題。円すいころ軸受は2012も出題。組合せ円すいころ軸受は2012,2014出題。オイルシールドは2012,2014出題。</p> <p>呼び番号の一番最初の数字のみ覚えておけば解ける。</p> <p>5...スラスト玉軸受、6...深みぞ玉軸受、7...アンギュラ玉軸受</p> <p>3...円すいころ軸受、N、NU...円筒ころ軸受</p> <p>深みぞ玉軸受のシールドなし、シールド付きの区別数字の次にZが付いていれば片側シールド、ZZは両側シールド。例)6004...深みぞ玉軸受(シールドなし)、6308ZZ...深みぞ玉軸受(両側シールド付き)</p>	(出題なし)	(出題なし)	(出題なし)	(出題なし)
9	油圧	<p>＜油圧回路図＞①～④の機器の＜名称＞＜油圧用図記号(JIS)＞＜機能＞を選択肢より選べ</p> <ul style="list-style-type: none"> ●ポンプ。機械的動力を作動油の流れと圧力に変換し、各部に供給する。 ●リリーフ弁。最高圧力の設定と、電気信号により、ポンプを無負荷運転にする。 ●流量調整弁。タンクに戻す油量の調整により、シリンダのスピードを設定する。 ●エアブリーザー。給油口とエレメントの組合せで、タンク内の空気の入りと、粉塵などの除去を行う。 ●圧力計。回路内圧力の表示を行う。 <p>油圧回路図に示された各機器の構造図から品名と図記号、機能を答える。</p>	<p>＜油圧回路図＞①～④の機器の＜名称＞＜油圧用図記号(JIS)＞＜機能＞を選択肢より選べ</p> <ul style="list-style-type: none"> ●流量調整弁。タンクに戻す油量の調整により、シリンダのスピードを設定する。 ●サクションストレーナ。作動油に混入している固形粒子やゴミを除去し、回都内に持ち込ませない。 ●エアブリーザー。給油口とエレメントの組合せで、タンク内の空気の入りと、粉塵などの除去を行う。 ●圧力計。回路内圧力の表示を行う。 <p>油圧回路図に示された各機器の構造図から品名と図記号、機能を答える。</p>	<p>＜油圧回路図＞①～④の機器の＜名称＞＜油圧用図記号(JIS)＞＜機能＞を選択肢より選べ</p> <ul style="list-style-type: none"> ●ポンプ。機械的動力を作動油の流れと圧力に変換し、各部に供給する。 ●リリーフ弁。最高圧力の設定と、電気信号により、ポンプを無負荷運転にする。 ●流量調整弁。タンクに戻す油量の調整により、シリンダのスピードを設定する。 ●カウンタバランス弁。シリンダの戻り側に背圧をかけ、制御速度以上の速さで動作するのを防止する。 <p>油圧回路図に示された各機器の構造図から品名と図記号、機能を答える。</p>	<p>＜油圧回路図＞①～④の機器の＜名称＞＜油圧用図記号(JIS)＞＜機能＞を選択肢より選べ</p> <ul style="list-style-type: none"> ●ポンプ。機械的動力を作動油の流れと圧力に変換し、各部に供給する。 ●リリーフ弁。最高圧力の設定と、電気信号により、ポンプを無負荷運転にする。 ●流量調整弁。タンクに戻す油量の調整により、シリンダのスピードを設定する。 ●エアブリーザー。給油口とエレメントの組合せで、タンク内の空気の入りと、粉塵などの除去を行う。 ●圧力計。回路内圧力の表示を行う。 <p>油圧回路図に示された各機器の構造図から品名と図記号、機能を答える。</p>	<p>＜油圧回路図＞①～④の機器の＜名称＞＜油圧用図記号(JIS)＞＜機能＞を選択肢より選べ</p> <ul style="list-style-type: none"> ●ベーンポンプ。機械的動力を作動油の流れと圧力に変換し、各部に供給する。 ●油圧シリンダ。圧力エネルギーを機械エネルギーに変え、室内に油圧を交互にかけ往復運動を得る。 ●サクションストレーナ。作動油に混入している固形粒子やゴミを除去し、回都内に持ち込ませない。 ●圧力計。回路内圧力の表示を行う。 <p>油圧回路図に示された各機器の構造図から品名と図記号、機能を答える。</p>

ポンプは2012も出題。リリーフ弁は2012も出題。流量調整弁は2012,2013も出題。カウンタバランス弁は2012も出題。サクションストレーナは2013も出題。エアブリーザーは2013も出題。圧力計は2013も出題。

		<p>＜空気圧回路図＞E.G.H.の機器の＜名称＞＜構造図＞を選択肢より選べ</p> <ul style="list-style-type: none"> ●フィルタ ●ルブリケーター ●方向制御弁 <p>空気圧基本回路図の各機器の名称と構造図を答える。 ※ 構造図を覚えておくこと。</p>	<p>＜空気圧回路図＞F.H.K.の機器の＜名称＞＜構造図＞を選択肢より選べ</p> <ul style="list-style-type: none"> ●減圧弁（圧力制御弁） ●方向制御弁 ●シリンダ <p>空気圧基本回路図の各機器の名称と構造図を答える。 ※ 構造図を覚えておくこと。</p>	<p>＜空気圧回路図＞E.G.F.の機器の＜名称＞＜構造図＞を選択肢より選べ</p> <ul style="list-style-type: none"> ●フィルタ ●ルブリケーター ●方向制御弁 <p>空気圧基本回路図の各機器の名称と構造図を答える。 ※ 構造図を覚えておくこと。</p>	(出題なし)
10 空気圧	<p>速度制御弁（流量制御弁）は2012～出題実績なし。 ※ 減圧弁（圧力制御弁）は上記の図ではレギュレータと表示されている。</p>	<p>空気圧補機</p> <p>空気圧発生源器</p> <p>調質機器</p> <p>制御機器</p> <p>駆動機器</p> <p>(エアシリンダ)</p> <p>(スピードコントロール)</p> <p>(電磁弁)</p> <p>(FRLユニット)</p> <p>(フィルタ) (レギュレータ) (ルブリケーター)</p> <p>(ドレンセパレータ)</p>	<p>＜空気圧回路図＞Fの機器に発生したトラブル1～3について＜原因調査結果＞を前提に＜原因＞＜対策＞を選択肢より選べ</p> <ul style="list-style-type: none"> ●減圧弁（圧力制御弁） ●速度制御弁 <p>・運転中、絞りは固定してあるのにアクチュエータの速度が次第に遅くなった→ゴミ・油などの汚れがニードルに付着して、通路を狭めている→汚れを拭き取る</p> <p>・整備後の試運転時、アクチュエータの速度調整ができない→速度制御弁の取付方向が逆→IN,OUTを入れ替える</p> <p>・運転中、急にアクチュエータの速度が遅くなった→ばねの折れ、弁シート部へのゴミのかみ込み、または弁シートパッキンの損傷→ばね交換、分解掃除または弁シートの交換</p>	<p>＜空気圧回路図＞Fの機器に発生したトラブル1～3について＜原因調査結果＞を前提に＜原因＞＜対策＞を選択肢より選べ</p> <ul style="list-style-type: none"> ●減圧弁（圧力調整弁） <p>・圧力調整できない→調整ばねの折損。→部品交換</p> <p>・アクチュエータ作動時、圧力が徐々に低下→固定用ナットの緩み→増し締め</p> <p>・ボンネットの通気口から連続して空気漏れ→リリーフ弁シート部への異物かみ込み→異物除去</p>	(出題なし)
	<p>空気圧機器のトラブル フィルタ、方向制御弁は2012～出題なし。ルブリケーターは2015出題。シリンダは2015出題。</p>				

<p>密封装置</p>	<p>＜密封装置写真＞A～Cの＜名称＞＜特徴・用途＞を選択肢より選べ</p> <p>●ガasket。配管フランジ間や各機器の接合面など静止部分の密封に用いられ、材質は金属、非金属など様々な物がある。</p> <p>●ダストシール。外部からの異物や粉塵の侵入を防止することを目的に、シール相手面(軸)の仕上げを良く、装着の際はリップ面などに潤滑剤を塗布する。</p> <p>●Lパッキン。作動方向に1個装着を基本とし、低圧用エアシリンダのピストンパッキンとして使用される場合が多い。断面はL字型で、平面部をフランジで締め込んで使用する。</p>	<p>＜密封装置写真＞A～Dの＜名称＞、＜特徴＞を選択肢より選べ</p> <p>●オイルシール。回転運動用シールで、ばねを挿入したタイプもあり、リップ部材に合成ゴムを使用することが多い。</p> <p>●ガasket。固定接合面の接合部に装着して密封するもので、静止用シールともいう。</p> <p>●グラブドパッキン。一般的に断面が角形で紐状、または円筒状に成形されている。</p> <p>●Uパッキン。リップ部を溝内に圧縮し、接合面圧力を与え、その反力を利用して密封する。</p>	<p>＜密封装置写真＞A～Dの＜名称＞＜特徴＞を選択肢より選べ</p> <p>●ガasket。固定接合面の接合部に装着して密封するもので、静止用シールともいう。</p> <p>●Vパッキン。枚数を変えることで密封圧力を上げることができる。</p> <p>●Lパッキン。皿パッキンとも呼ばれ、外形側のリップで密封を行う成形パッキンである。</p> <p>●メカニカルシール。回転軸シールでバランス型とアンバランス型があり、摺動材料の摩擦を少なく抑えることができ、寿命が長い。</p>	<p>＜密封装置写真＞A～Dの＜名称＞＜用途＞を選択肢より選べ</p> <p>●ガasket。固定接合面の接合部に装着して密封するもので、静止用シールともいう。</p> <p>●グラブドパッキン。スタップフィンゲボックスに詰め込み、主に液体の流れを阻止する目的で使用される。ポンプなどに使用する際は、若干の液体を漏らしながら使用することが多い。</p> <p>●Lパッキン。低圧用エアシリンダのピストンパッキンとして使用される場合が多く、平面部をフランジで締め込んで使用する。</p> <p>●メカニカルシール。軸封部からの漏れが極めて少なく、連続回転使用が可能で、高温・高圧・高速・極低温条件にも使用される。</p>	<p>＜密封装置写真＞A～Dの＜名称＞＜用途＞を選択肢より選べ</p> <p>●ガasket。固定接合面の接合部に装着して密封するもので、静止用シールともいう。</p> <p>●グラブドパッキン。スタップフィンゲボックスに詰め込み、主に液体の流れを阻止する目的で使用される。ポンプなどに使用する際は、若干の液体を漏らしながら使用することが多い。</p> <p>●Lパッキン。低圧用エアシリンダのピストンパッキンとして使用される場合が多く、平面部をフランジで締め込んで使用する。</p> <p>●メカニカルシール。軸封部からの漏れが極めて少なく、連続回転使用が可能で、高温・高圧・高速・極低温条件にも使用される。</p>
<p>11</p>	<p>リングは2013,2015出題。オイルシールは2013,2015も出題。ガasketは2015も出題。グラブドパッキンは2013も出題。</p>	<p>パッキンの使用方法について</p> <p>＜流体の負荷方向1,2＞において、流体の負荷方向として、もっとも適切なものを＜方向＞の中から選べ。</p> <p>●＜回答は下記の矢印が負荷の方</p>	<p>(出題なし)</p>	<p>(出題なし)</p>	<p>(出題なし)</p>
<p>流体の負荷方向は、バックアップリングは2013,2015も出題。Uパッキンは2013出題。Vパッキンは2015出題。Vパッキン、グラブドパッキンは出題実績なし。</p>	<p>バックアップリング</p> <p>Lパッキン</p>	<p>(出題なし)</p>	<p>(出題なし)</p>	<p>(出題なし)</p>	<p>(出題なし)</p>

12	キー、ピン	<p>＜キー・ピン写真＞A～Cの＜名称＞＜特徴・用途＞を選択肢より選べ</p> <p>● こう配キー。打込みキーとも呼ばれ、上下両面にしめしろを付けて固定する。</p> <p>● 半月キー。ボスのキー溝に対する傾きを自動的に調整できるため、キー合せの難しい、テーパ軸に適している。</p> <p>● スプリングピン。軸方向にすぎ間があるピンで、取付前の外径が取付穴より大きいため、強い保持力を発揮する。</p>	(出題なし)	(出題なし)	<p>＜キー・ピン写真＞A～Cの＜名称＞＜特徴・用途＞を選択肢より選べ</p> <p>● こう配キー。打込みキーとも呼ばれ、上下両面にしめしろを付けて固定する。</p> <p>● 平行キー。沈みキーとして伝送装置に多く使用されている。大きな荷重で正逆回転する箇所には不適である。</p> <p>● スプリングピン。軸方向にすぎ間があるピンで、取付前の外径が取付穴より大きいため、強い保持力を発揮する。</p>	(出題なし)
13	バルブ	<p>＜チェーンクリップ＞において、進行方向として、もつとも適切なものを＜方向＞の中から選べ</p>  <p>● 解答) 矢印が進行方向</p> <p>＜弁(バルブ)写真＞A,Bの＜名称＞＜特徴・用途＞を選択肢より選べ</p> <p>● 玉形弁(グローブバルブ)。一般的に、弁の封止性(密閉性)が良い。弁には正規の流れ方向が決められている。流量調整が可能で、流量調整弁やバイパス弁等として使用されることが多い。</p> <p>● 仕切弁(ゲートバルブ)。流量調整には不向きであるが、ポンプ、槽等の閉止弁に多く用いられる。大口径弁としても使用され、流れ方向は変わらない。弁の開閉操作には、弁棒(ステム)の移動(ねじ山数)が長く、時間がかかる。</p>	(出題なし)	<p>＜弁(バルブ)写真＞の＜名称＞を選択肢より選べ</p> <p>● 仕切弁(ゲートバルブ)</p>	<p>＜弁(バルブ)写真＞の＜名称＞を選択肢より選べ</p> <p>● 仕切弁(ゲートバルブ)</p>	<p>(出題なし)</p> <p>＜弁(バルブ)写真＞の＜名称＞を選択肢より選べ</p> <p>● 仕切弁(ゲートバルブ)</p>
		玉形弁(グローブバルブ)は2012,2013,2014,2015も出題。球形弁(ボールバルブ)は2014出題。逆止弁(チャッキバルブ)、蝶形弁(バタフライバルブ)は出題実績なし。				

	<p>＜故障箇所指示写真＞に示す部位A,Bで起る可能性のある故障の＜現象＞＜原因＞を選択肢より選べ</p> <p>「玉形弁故障の現象と原因」</p> <ul style="list-style-type: none"> ●ふた部からの漏れ。ボルトナットの緩み・片締め、ガスケットの劣化・破損。 ●弁座（シート）の漏れ。異物かみ込み、ハンドル締め過ぎによる弁体（ディスク）のかじり・傷。 	<p>＜故障箇所指示写真＞に示す部位A,Bで起る可能性のある故障の＜現象＞＜原因＞を選択肢より選べ</p> <p>「玉形弁故障の現象と原因」</p> <ul style="list-style-type: none"> ●グランド部の漏れ。パッキンの不足、パッキンの劣化、グランド押さえナットの緩み。 ●弁座（シート）の漏れ。異物かみ込み、ハンドル締め過ぎによる弁体（ディスク）のかじり・傷。 	<p>＜故障箇所指示写真＞に示す部位A,Bで起る可能性のある故障の＜現象＞＜原因＞を選択肢より選べ</p> <p>「玉形弁故障の現象と原因」</p> <ul style="list-style-type: none"> ●ふた部からの漏れ。ボルトナットの緩み・片締め、ガスケットの劣化・破損。 ●弁座（シート）の漏れ。異物かみ込み、ハンドル締め過ぎによる弁体（ディスク）のかじり・傷。 	<p>＜故障箇所指示写真＞に示す部位A,Bで起る可能性のある故障の＜現象＞＜原因＞を選択肢より選べ</p> <p>「玉形弁故障の現象と原因」</p> <ul style="list-style-type: none"> ●ふた部からの漏れ。ボルトナットの緩み・片締め、ガスケットの劣化・破損。 ●弁座（シート）の漏れ。異物かみ込み、ハンドル締め過ぎによる弁体（ディスク）のかじり・傷。
<p>(出題なし)</p>	<p>＜故障箇所指示写真＞に示す部位A,Bで起る可能性のある故障の＜現象＞＜原因＞を選択肢より選べ</p> <p>「玉形弁故障の現象と原因」</p> <ul style="list-style-type: none"> ●ふた部からの漏れ。ボルトナットの緩み・片締め、ガスケットの劣化・破損。 ●弁座（シート）の漏れ。異物かみ込み、ハンドル締め過ぎによる弁体（ディスク）のかじり・傷。 	<p>＜故障箇所指示写真＞に示す部位A,Bで起る可能性のある故障の＜現象＞＜原因＞を選択肢より選べ</p> <p>「玉形弁故障の現象と原因」</p> <ul style="list-style-type: none"> ●グランド部の漏れ。パッキンの不足、パッキンの劣化、グランド押さえナットの緩み。 ●弁座（シート）の漏れ。異物かみ込み、ハンドル締め過ぎによる弁体（ディスク）のかじり・傷。 	<p>＜故障箇所指示写真＞に示す部位A,Bで起る可能性のある故障の＜現象＞＜原因＞を選択肢より選べ</p> <p>「玉形弁故障の現象と原因」</p> <ul style="list-style-type: none"> ●ふた部からの漏れ。ボルトナットの緩み・片締め、ガスケットの劣化・破損。 ●弁座（シート）の漏れ。異物かみ込み、ハンドル締め過ぎによる弁体（ディスク）のかじり・傷。 	<p>＜故障箇所指示写真＞に示す部位A,Bで起る可能性のある故障の＜現象＞＜原因＞を選択肢より選べ</p> <p>「玉形弁故障の現象と原因」</p> <ul style="list-style-type: none"> ●ふた部からの漏れ。ボルトナットの緩み・片締め、ガスケットの劣化・破損。 ●弁座（シート）の漏れ。異物かみ込み、ハンドル締め過ぎによる弁体（ディスク）のかじり・傷。
<p>＜弁(バルブ)写真＞Bの操作に関する記述で、適切でないものを選択肢より選べ</p> <p>●バルブ開閉操作はゆっくり行う。急激な操作は流体振動を誘発しやすい。</p> <p>●ハンドル回しは規定されているものを正しく使い、パイプレンチなどを代用しない。</p> <p>●高温配管で使用する弁のボルトナットの締めは、運転開始前のみでなく、随時おこなう。</p> <p>●仕切弁は中間開度で使用しないこと。</p> <p>(上記は全て○、「バルブ開閉操作は急激に行う」など上記と異なった記載が解答。)</p>	<p>(出題なし)</p>	<p>(出題なし)</p>	<p>(出題なし)</p>	<p>(出題なし)</p>

1 潤滑油に関する問題

1.1 潤滑剤粘度の判定と汚染状態の判定方法

粘度が高いと摩擦抵抗が大きくなり、たとえば軽荷重・高速回転の軸受に粘度の高い潤滑油を使用すると、大きな摩擦損失を生じる。また粘度が低すぎると油は接触面の圧力に耐えられずに押し出され、流体潤滑の状態が保てなくなる。

粘度は温度によって変化するので、潤滑油の選択は適正に行わなければならない。

1.2 汚染度測定法

微粒子による試料の汚染度は、試料の単位容積に含まれる計数法〔＝粒子の個数(個/100mℓ)〕、あるいは質量法〔＝重量(mg/100mℓ)〕で表示されるものがある。写真や汚染度測定データから、NAS等級を判定する出題がある。

1.3 実技試験問題と解説

潤滑油のサンプリング方法やそれに基づく分析結果、異常判定、対応、劣化要因などについて判定する出題がされるようになった。

(1) 問題

● 設問1

サンプリング方法の(①)～(⑦)に当てはまる語句として、もっとも適切なものを<語群>の中からそれぞれ1つ選び、その記号を解答欄にマークしなさい。

- 油のサンプリングは、(①)から行うのが良い。その量は、(②)ほど必要である

- サンプリング時にサンプラーを用いる場合は、(③)を行い、不純物が入らないようにする
- 油の採取後、(④)を速やかに閉め、異物の混入を防ぐこと
- ドレンボルトからサンプリングする場合は、はじめに(⑤)程度の油を捨てて採取する
- サンプリングした油は、(⑥)以内に分析に出す
- サンプリングのタイミングは、装置を停止させた後の場合(⑦)以内に採取する

<語群>

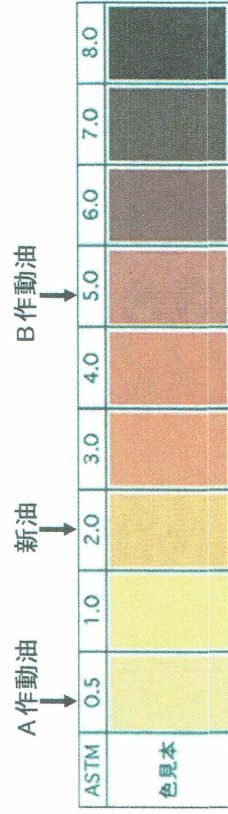
ア. 3日	イ. 上部	ウ. 中間部	エ. 1リットル	オ. 1週間
カ. 30分	キ. 10cc	ク. ドレンバルブ	ケ. 給油口	コ. 200cc
サ. 下部	シ. 1時間	ス. 壁際	セ. 洗浄	ソ. 5分
タ. 100cc	チ. 500cc	ツ. 1ヵ月	テ. 1日	ト. 容器のふた

● 設問2

問1

<ASTMカラー>、<作動油の分析結果>は、それぞれ別の設備で使っている同種の作動油A、Bについて、新油時点での性状と、現在の性状を比較したものである。これに基づいた作動油の異常判定とその対応として、もっとも適切なものを<作動油の異常判定・対応>の中から選び、その記号を解答欄にマークしなさい。

<ASTMカラー>



<作動油の分析結果>

	新 油	A作動油	B作動油
動 粘 度	32.9	32.6	30.6
酸 価 度	0.08	1.05	3.55
水 分 量	0.1	38	0.5

<作動油の異常判定と対応>

- ア. A作動油は水分が多い。浄油機で水分を除去し、使用する
 B作動油は動粘度が低下しているので、高粘度の油で調整して使用する
- イ. A作動油は水分が多いが、浄油すれば問題ない。B作動油は、新油で全体量の半分を入れ替えれば使用可能である
- ウ. A、Bの作動油の色調は、A、B油を混合することにより調整可能である
- エ. A作動油は水分が多い。油の交換が必要である
- オ. B作動油は酸価度が高くなっており、水分量も増加している。油の交換が必要である
- カ. A、B作動油共に、評価値はとくに異常ではないので、そのまま使用できる

問 2

作動油A、Bの劣化要因として、もっとも適切なものを<作動油の劣化要因>の中からそれぞれ1つ選び、その番号を解答欄にマークしなさい。

<作動油の劣化要因>

1. オイルクーラーの劣化によって発生した漏水により水分が混入した
2. 機器の摩耗によりコンタミ質量が多く、酸化した
3. 添加物が劣化し、酸価度が上昇し、動粘度が低下した
4. 油温が高い環境で使用されていたことにより酸化し、色相も濃くなった
5. 油温が低い環境で使用されていたことにより酸化し、動粘度も低下した

問題 1 解 答 欄			
設問1	①	②	③
	④	⑤	⑥
	⑦		
設問2	問1 異常判定と対応		
	問2 作動油の劣化要因 A作動油		
	作動油の劣化要因 B作動油		

(2)解 答

問題 1 解 答 欄			
設問1	① ウ. 中間部	② エ. 1リットル	③ セ. 洗浄
	④ ト. 容器のふた	⑤ コ. 200cc	⑥ オ. 1週間
	⑦ カ. 30分		
設問2	問1 異常判定と対応	エ. A作動油は水分量が多い。油の交換が必要である。B作動油は、酸価度が高くなっており、動粘度も低下し、水分量も増加している。油の交換が必要である	
	問2 作動油の劣化要因 A作動油	1. オイルクーラーの劣化によって発生した漏水により水分が混入した	
	作動油の劣化要因 B作動油	4. 油温が高い環境で使用されていたことにより酸化し、色相も濃くなった	

(3)解 説

● 設問 1

油のサンプリングは、ゴミが浮遊していたり、沈降している場所は不適当である。潤滑油、作動油、切削油の定期分析では通常 1 リットル程度採取、グリースの場合は機構条件で変わるが、最低でも 3 ～ 5g 以上採取する。

採油時は不純物が混入しないように、採取口や容器を清純にする必要

がある。タンクドレーンからの採取の場合、取出し口最初の油(200cc)は捨てること。
採油は設備の稼動中あるいは停止後30分以内に採取する(採取設備の稼動開始後30分以降、停止後10分以内の間に採油が望ましいが、遅くとも停止後30分以内に採油する)。
サンプリング実施後、1週間以内に提出する。

● 設問2
鉱油系作動油の試験項目と管理基準(例)

項 目	基 準 値	評価の内容
動粘度 mm ² /s 40℃	新油比±10%以内	異油種の混入、作動油の劣化、 ポリマーの分解。 酸化劣化で動粘度増加
酸価 mgKOH/g	新油値+0.5以下、または 0.5以下	添加剤の消耗度合い、酸化劣 化。油温が高くなると酸化す る、スラッジ発生
水分 vol%	0.1以下または白濁して いないこと	水分の混入。 水と油が混ざると乳化する
n-ペンタン不溶分 mass%	0.05以下	油の劣化物、変質物の量。 ゴミ、摩耗粉の量
色相 ASTM	著しい変化がないこと。 2ポイント以上色が濃く なった場合、おおよそ の使用限界	熱劣化、酸化が進むと赤みが ら茶色へと変色する。 異物の混入
汚染度 mg/100ml (0.8μmフィルタ)	10以下 (サーボ系の場合NAS 8 級)	ゴミ、摩耗粉などのきょう雑 物。作動油の劣化・変質物の 生成

作動油は、上表のような項目で劣化を管理している。
ゴミ、摩耗粉など混入した場合は、ろ紙を使った浄油機で浄油し、再使
用するが、ろ紙では水分は除去できない。水分除去は遠心分離法で実施
している。
性状の違う油を混合すると、トラブルが多くなるので避けること。
添加剤同士の反応でスラッジを発生させ機械の作動不良の原因となる。

異種オイルの混合は避けること。
通常、酸化が進行すると動粘度が増加する。酸化劣化防止剤を使用す
ることもある。

1・4 実技試験問題と解説

提示された潤滑油やグリースについて、粘度やちよう度を判定する。
また、装置ごとに適正な粘度の潤滑剤の選定、動粘度のグラフなども出
題される。

(1)問 題

提示された容器には、それぞれISO粘度グレードの異なる潤滑油A、B、
C、DおよびEと、ちよう度番号が異なるグリースFとGが入れている。
次の各設問の解答欄にマークしなさい。

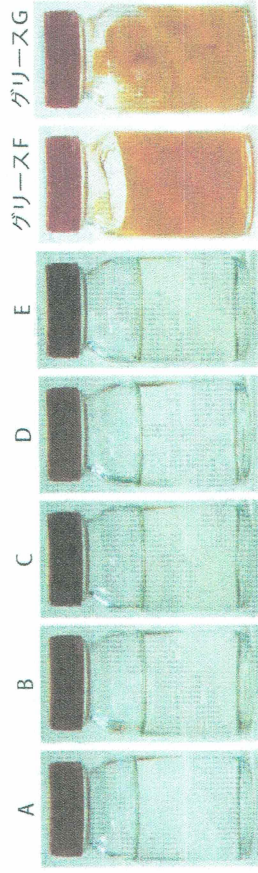
● 設問1

潤滑油B、CおよびDに対応する粘度グレードを判定し、その粘度グ
レードを解答欄に記入しなさい。なお、潤滑油Aの粘度グレードはVG
32、潤滑油EはVG150である。A～Eは、粘度グレード順に並んでい
るものとする。

〔注意事項〕(潤滑油サンプルによる出題は、最近行われていないようである)

この問題は潤滑油サンプルが必要である。

● 潤滑油メーカーから取り寄せたり、職場でビンを用意してサンプル
を事前に作成するとよい。日本能率協会コンサルティングでは実習
キット「潤滑油粘度サンプル」を販売している



● 設問 2

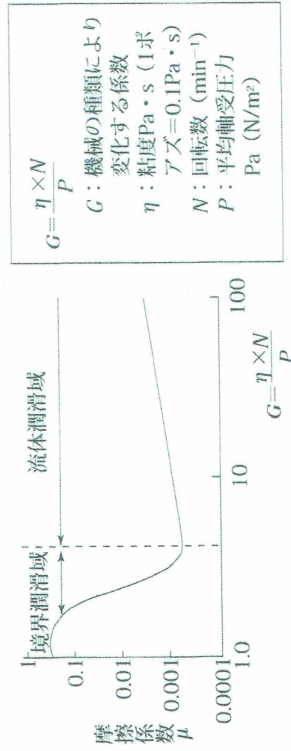
ゲリースFとGのちよう度番号と用途を、それぞれ下記の語群から選んで、解答欄に記入しなさい。なお、ちよう度は $G > F$ とする。

【語 群】

ちよう度番号	主な用途
イ. 0号	二. 扇風機の軸受
ロ. 2号	ホ. 集中潤滑装置
ハ. 4号	

● 設問 3

潤滑油の選定に関する重要な運転条件は、《速度》《荷重》《温度》である。軸受を例にとると、この3つの関係と摩擦係数は、次の図のような関係で知られている。



以下の文中の()内に当てはまる語句を語群から1つ選び、その記号を解答欄に記入しなさい。

良好な減摩作用を行うためには、摩擦面の運動速度(回転数)の高い場合は粘度の(①)潤滑油、運動速度(回転数)の低い場合は(②)潤滑油を選ばなければならない。また、回転数、温度の条件が一定の場合で、荷重が大きい場合は、小さい場合に比べて(③)粘度の潤滑油を選定する。

【語 群】

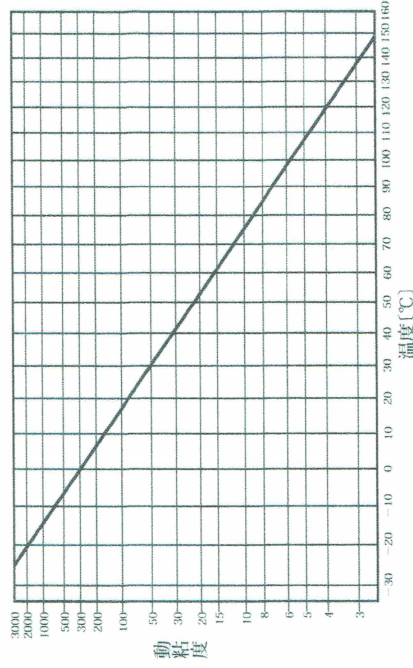
イ. 高い	ロ. 低い
-------	-------

【注意事項】

- 潤滑油の判定の際には、容器のキャップは外さないこと
- 潤滑油の判定の際には、ガラス容器を落とさないこと
- ガラス容器を激しく振ったりしないこと

● 設問 4

以下に示したグラフは潤滑油の動粘度と温度の関係を示したものである。文中の()に当てはまる語句・数値を語群から選び、解答欄に記入しなさい。



温度が上がると動粘度の値は、(①)なる。すなわち、温度変化によって動粘度も変化するため、動粘度の表示には温度を規定する必要がある。日本工業規格(JIS)では、(②)℃における動粘度に基づく粘度分類が規定されている。また、図の動粘度の単位は、(③)である。

【語群】

イ. 高く	ロ. 低く	ハ. Pa・s	ニ. cP
ホ. mm ² /s (cSt)	ヘ. Pa	ト. 20	チ. 40

解 答 欄			
設問1	潤滑油BのISO粘度グレード		
	潤滑油CのISO粘度グレード		
	潤滑油DのISO粘度グレード		
設問2	グリースG	ちょう度番号	
		主な用途	
	グリースF	ちょう度番号	
設問3		主な用途	
		①	
		②	
設問4		③	
		①	
		②	
		③	

(2)解 答

解 答 欄			
設問1	潤滑油BのISO粘度グレード		VG 46
	潤滑油CのISO粘度グレード		VG 68
	潤滑油DのISO粘度グレード		VG 100
設問2	グリースG	ちょう度番号	ロ. 2号
		主な用途	ニ. 扇風機の軸受
	グリースF	ちょう度番号	イ. 0号
設問3		主な用途	ホ. 集中潤滑装置
		①	ロ. 低い
		②	イ. 高い
設問4		③	イ. 高い
		①	ロ. 低く
		②	チ. 40
		③	ホ. mm ² /S (cSt)

(3)解 説

● 設問 1 (潤滑油サンプルによる出題は、最近行われていないようである)

潤滑油B、CおよびDに対応する粘度グレードの判定は、提示された潤滑油の入っている容器を軽く振って粘度を観察する。

自社で作成したサンプルなどによって、粘度グレードに対して油の流動具合と気泡の動きを目で観察するなど、事前学習をしておくとい。

● 設問2

ちょう度とは、グリースの硬さと粘さを合わせた性質を表すものである。ちょう度番号(NLGI No)が大きいことは、ちょう度はより小さくなり、グリースが硬いということを示している。集中潤滑装置には軟らかいグリースを使用する。

ちょう度番号 (NLGI No)	ちょう度
0	355~385
2	265~295
4	175~205

● 設問3

粘度が高くなれば摩擦抵抗が大きくなるので、たとえば軽荷重・高速回転の軸受に粘度の高い潤滑油を使用すると、大きな摩擦損失を生じ出る。また、粘度が低すぎると、油は接触面の圧力に耐えられずに押し出され、流体潤滑の状態が保てなくなる。一般的に、重荷重・低速回転には高粘度の潤滑油を使用する。

● 設問4

グラフは右肩下がりの直線なので、温度の上昇で動粘度の値が小さくなることがわかる。JIS K 2001に、40℃のときの動粘度が粘度グレードとして規定されている。動粘度は絶対粘度を密度で割った値であり、潤滑油では広くcSt(センチストークス)が用いられている(224ページ参照)。

● Check Point!

ISOのVGナンバーNo.は、

..... VG10、15、22、32、46、68、100 A列

という並びになっている。また3ケタではA列を10倍して、VG100、150、220、320、460、680、1000

となる。そこで、A列のみを暗記すれば、3ケタのものも自然に覚えらる。VG46をVG45と解答したり、46の数字だけをマークする間違いをおかしやすいので、数字を間違わずに選ぶことと同時に、数字の前にかならずVGがあるかを確認することが大切である。

VG値に対する機械用潤滑油の選定の目安は次のとおり。

- ・VG32 : 空気圧機器、油圧機器 (6.86MPa以下)
 - ・VG46 : 油圧機器、摺動部
 - ・VG68 : 摺動部、油圧機器 (6.86MPa以上)
 - ・VG100 : ギヤ減速機 1500回転程度
 - ・VG150 : ギヤ減速機 1000回転程度
- ※粘度は温度によって変化するので、使用個所の荷重、速度、温度などによって適正な潤滑剤を選択することが大切である。

2 軸受損傷に関する問題

2・1 ころがり軸受の特徴

回転軸を支える機械要素を軸受(bearing)といい、軸受に包まれている軸の部分をジャーナル(journal)という。軸受を大別すると、すべり軸受(sliding bearing)と、ころがり軸受(rolling bearing)がある。

ころがり軸受はすべり軸受に比べて、

- 摩擦係数が小さく、始動抵抗が少なく、動力が節約できる
- 比較的高速度回転ができ、過熱の危険がない(高速限界は転動体の遠心力と保持器の潤滑で限定される)
- 軸受の長さが短いので、機械を小型にすることができる
- 摩滅が少なく、軸心の狂いが小さい
- 潤滑剤費が少なく、給油の手数が省かれ、維持費が節約できる

などの特徴がある。また、標準化が進んでいるのでメンテナンスも容易であり、回転機械設備に多く使用されている。

ころがり軸受の寿命は製品カタログなどに記載されているものの、その取扱いや環境条件・使用条件によって劣化や損傷の進行は一定ではない。そこで振動や温度などによって劣化を予知しているが、劣化や損傷の原因はさまざまであり、その処置を誤ると故障や事故が頻発することになる。

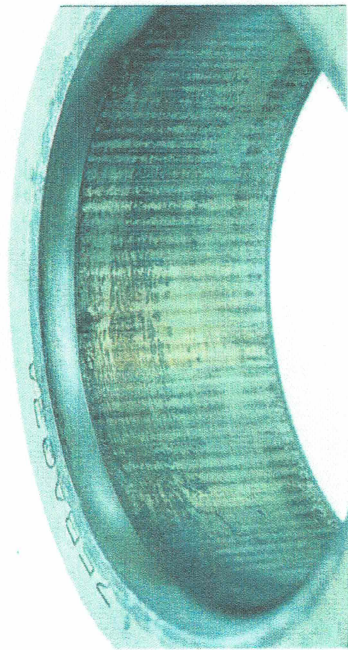
2・2 実技試験問題と解説

提示された軸受損傷写真について、損傷名称、損傷原因および対応処置を判定する。

(1)問題

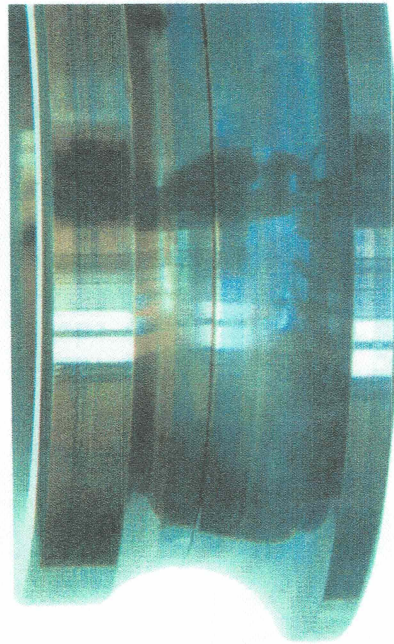
＜軸受損傷写真＞A～Cの損傷の名称、原因、対応処置として、もっとも適切なものを＜名称＞、＜原因＞、＜対応処置＞の中からそれぞれ1つ選び、その記号または番号を解答欄にマークしなさい。

＜写真A＞



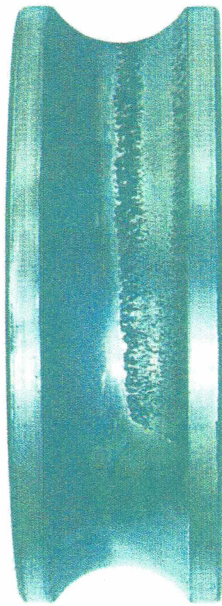
写真提供：日本精工株式会社

＜写真B＞



写真提供：日本精工株式会社

＜写真C＞



写真提供：日本精工株式会社

＜名称＞

- イ. さび
- ロ. テンパーカラー
- ハ. 圧こん・打こん
- ニ. クリープ
- ホ. 電食
- ヘ. フレーキング
- ト. フレッチング
- チ. スミアリング
- リ. 割れ

＜原因＞

- ア. 静止時の振動・小さな揺動
- イ. 異物のかみ込み・取付け時の衝撃
- ウ. はめ合い面の微小すき間でのすべり摩耗
- エ. 通電によるスパーク
- オ. 過酷条件や潤滑剤の不足・不適による局部発熱
- カ. 過大荷重、潤滑剤の不足・不適による材料の疲れ
- キ. 締めしろ不足・スリーブの締付け不足
- ク. 潤滑剤の不適・不足、転動体のすべり
- コ. 軸受が発熱し、ひどいときには回転不能となる

<対応処置>

- A. 発熱の原因となる過酷条件を改善し、かつ潤滑条件を適正にする
- B. 潤滑剤中の固形物を除去し、組立時に過大な衝撃荷重を加えない
- C. 潤滑方法、潤滑剤を見直す。適正な予圧量を設定する
- D. 軸受および潤滑剤を選定し直す
- E. はめ合いを修正する。スリーブの締付けを適正にする
- F. 通電を避けるため、アースの設置または軸受を絶縁する
- G. 微小振動のすべりを生じないようにはめ合い(締めしろ)を修正する

解 答 欄		
写真	名 称	原 因
A		
B		
C		

実際の実技試験では、マークシート方式となっている。

(2)解 答

解 答 欄		
写真	名 称	原 因
A	ト. フレッチング	C. はめ合い面の微小すき間でのすべり摩擦
B	ロ. テンパーカラー	e. 過酷条件や潤滑剤の不足・不適による局部発熱
C	ハ. フレーキング	f. 過大荷重、潤滑剤の不足・不適による材料の疲れ

※実際の試験では、解答はマークシート方式だが、本書では参考として名称や文章を入れていく。

(3)解 説

フレッチングは、はめ合い面に赤褐色状の摩擦が見られる。はめ合い面の微小すき間でのすべり摩擦であり、対策としては締めしろを大きくすることである。

テンパーカラーは、軸受内部すき間の過小、潤滑剤不足・不適により軸受が過熱し、軌道面・つば面などに生じた変色である。対策としては、適正すき間・過酷条件を改善し、かつ潤滑条件を適正にすることである。

フレーキングは、材料のところがりがりによって、軌道面や転動面の表層部がうろこ状にはがれる現象をいう。荷重条件の見直し、潤滑剤の見直し、ハウジング真円度修正や適正な締めしろの確保などの対策が必要である。

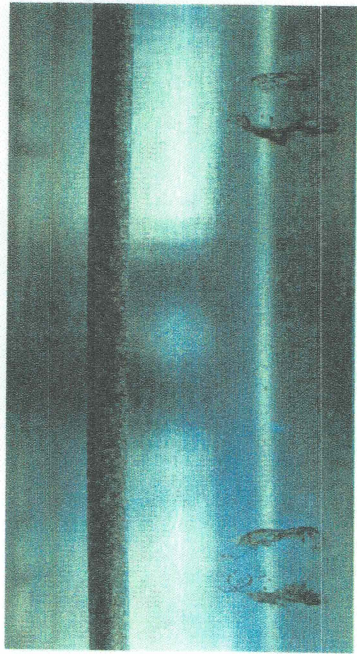
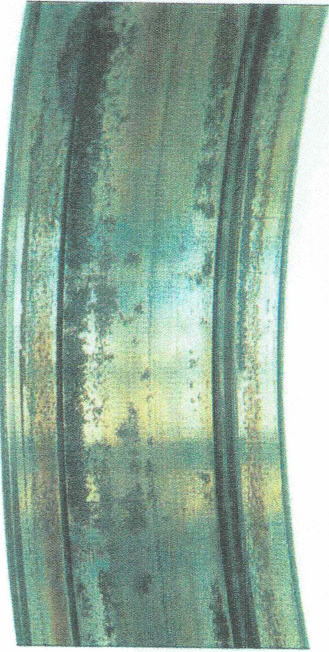
Check Point!

名称と原因、対応処置が記入してある問題シートは同一でも、出題される年により写真が入れ替わるので、どの写真が出題されても判定できるようにしておくこと。日頃の保全業務でも、実物に接することが重要である。

とくに名称の、イ〜リについては重点チェックが必要である。キズ、はく離、こすれ、変色の違いに応じて名称、原因が違っているのでそれらを写真を見ながら把握しておくこと。258ページ以降に損傷状態、原因、対応処置を示すので、損傷写真と照らして確実に判断できるようにしたい。

① 錆・腐食

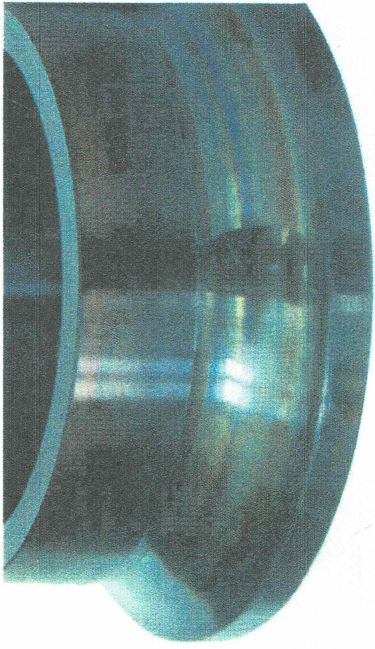
損傷状態	原因	対応処置
軸受内部、はめ合い面などの錆や腐食	・空気中の水分の結露 ・腐食性物質の侵入	・高温、多湿のところに保管に注意 ・長期間運転休止時には錆止め対策
軌道面に転動体ピッチで生じた腐食	腐食性物質の侵入	・密封装置の改善 ・潤滑剤の定期検査



写真提供：日本精工株式会社(上・下とも)

② テンパーカラー

損傷状態	原因	対応処置
軌道面、転動面、つば面、保持器案内面に生じた発熱による変色	・軸受内部すぎ間の過小 ・潤滑剤の不適または不足 ・潤滑剤の劣化または変質	・適正な軸受内部すぎ間の選定 ・潤滑方法、潤滑剤の見直し

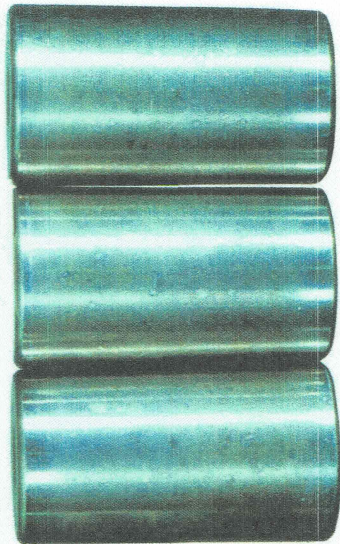
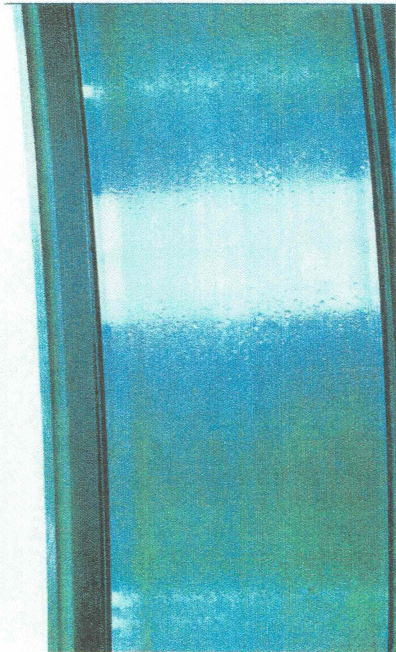


写真提供：日本精工株式会社(上・下とも)

シャフト・内径

③ 圧こん

損傷状態	原因	対応処置
軌道面に転動体ピッチ間隔の圧こん	・取付け時の衝撃荷重 ・静止時に過大荷重	取扱い注意
軌道面、転動面の圧こん	金属粉、砂などの異物かみ込み	・ハウジングの洗浄 ・密封装置の改善 ・きれいな潤滑剤の使用
軌道面、転動面、保持器に生じた打こん	取扱い不良	取付け作業、取扱い作業の改善



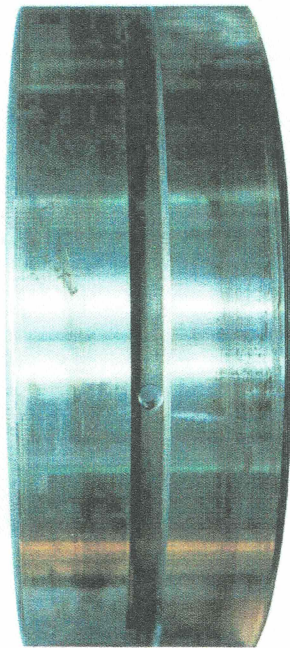
写真提供：日本精工株式会社(上・下とも)

④ クリープ

損傷状態	原因	対応処置
はめ合い面のかじり摩耗	・締めしろ不足 ・スリーブの締付け不足	・はめ合いの修正 ・適正締付け量の確保 ・スリーブの締付けを適正にする

スリーブ

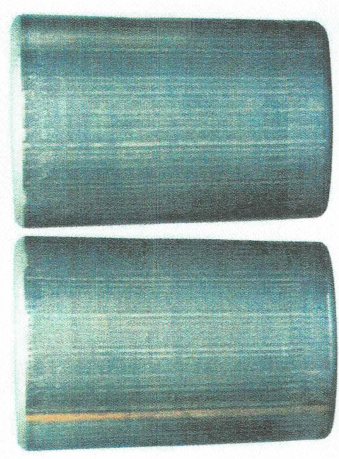
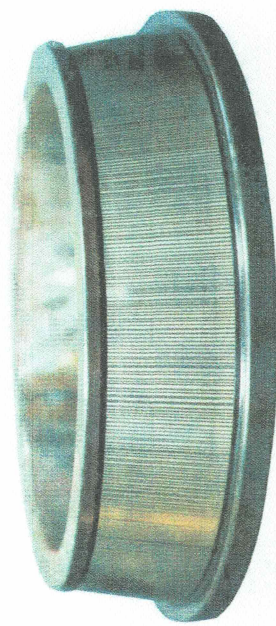
円周方向にスジ



写真提供：日本精工株式会社(上・下とも)

⑤ 電 食

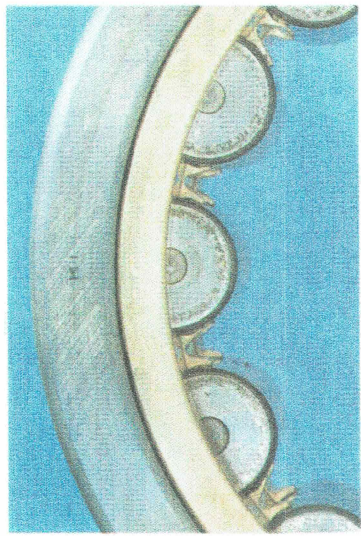
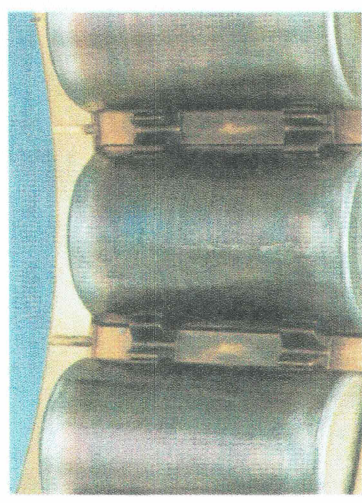
損傷状態	原 因	対応処置
軌道面に洗濯板状の凸凹	放電による溶融	<ul style="list-style-type: none"> 放電を避けるためアースをとる 軸受を絶縁する



写真提供：日本精工株式会社(上・下とも)

⑥ スミアリング、かじり

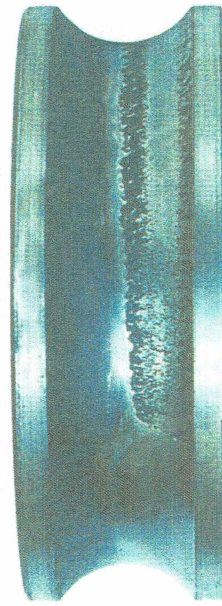
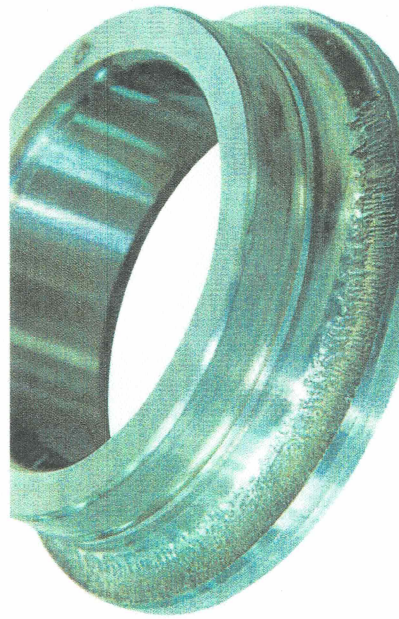
損傷状態	原 因	対応処置
軌道面、転動面の かじり・微少な溶着	<ul style="list-style-type: none"> 潤滑不良 異物の侵入 軸受の傾きによるころのスキュー(すべり) 始動時の加速度大 	<ul style="list-style-type: none"> 軟らかいグリースを使用 適正な予圧量を設定 急激な加速を避ける
スラスト玉軸受の軌道面に にらせん状のかじり	<ul style="list-style-type: none"> 軌道輪が平行でない 回転速度が速すぎる 	<ul style="list-style-type: none"> 取付けを修正し予圧をかける 適正な軸受形式を選定する
ころ端面とつば案内面と のかじり	<ul style="list-style-type: none"> 潤滑不良、取付け不良 スラスト荷重大 	<ul style="list-style-type: none"> 適正な潤滑剤を選ぶ 取付けを正しくする



この状態

⑦ フレーキング

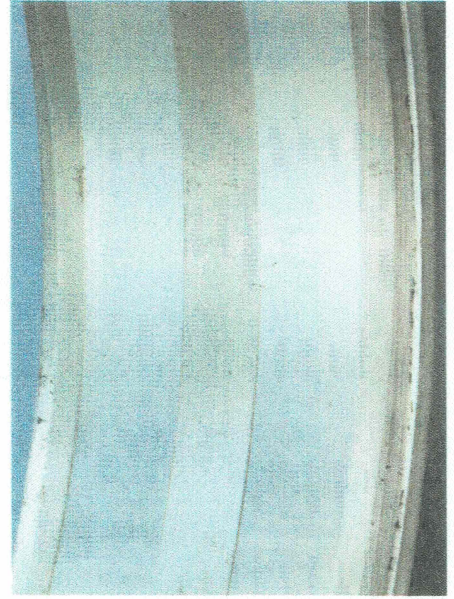
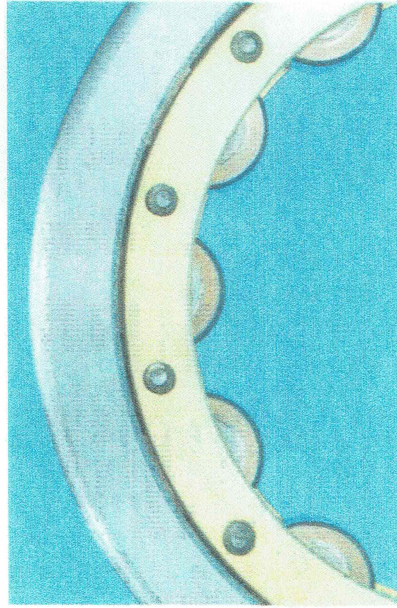
損傷状態	原因	対応処置
ラジアル軸受や複列軸受の軌道の片側だけにフレーキング	異常スラスト荷重	自由側軸受の外輪のはめ合いを すぎ間ばめとし、軸の熱膨張を 見込んだ軸方向のすぎ間を確保 する
軌道の円周方向対称位置にフレーキング	ハウジングの真円度不良	・2つ割れのハウジングの場合と くに注意 ・ハウジング内径面の精度修正
・ラジアル玉軸受で軌道に対し斜めにフレーキング ・ころ軸受で軌道面、転動面の端部近辺にフレーキング	・取付け不良、軸のたわみ、心出し不良 ・軸・ハウジングの精度不良	・取付け、心出し精度向上 ・大きいすぎ間の軸受を選ぶ ・軸・ハウジングの肩の直角度修正
軌道に転動体ピッチ間隔のフレーキング	・取付け時の大きな衝撃荷重 ・運転休止時の錆 ・円筒ころ軸受の組込みきず	・取付けに注意 ・運転休止が長期のとき錆止め 処置
軌道面、転動体の早期フレーキング	・すぎ間過小、過大荷重 ・潤滑不良、錆など	・適正なはめ合い、軸受すぎ間 を選ぶ ・潤滑剤を選定し直す
組合わせ軸受の早期フレーキング	予圧過大	予圧量の適正化



写真提供：日本精工株式会社(上・下とも)

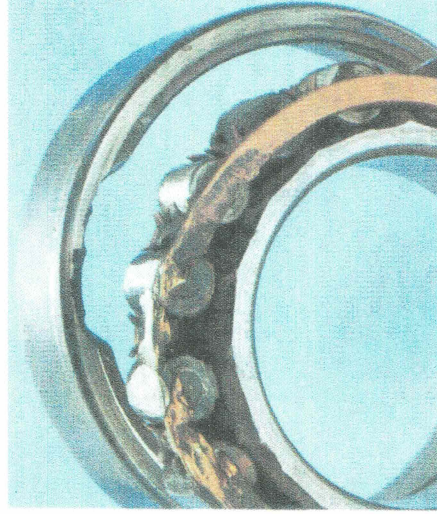
⑧ 摩 耗

損傷状態	原 因	対処処置
すべり摩擦面に生じた摩耗 (つば面とところ端面など)	潤滑剤の不適または不足	<ul style="list-style-type: none"> ・潤滑方法、潤滑剤の見直し ・密封装置の改善 ・軸受周りの入念な洗浄
軌道面や転動面に生じた摩耗	<ul style="list-style-type: none"> ・異物の侵入 ・潤滑剤の不適または不足 	



⑨ 焼付き

損傷状態	原 因	対処処置
軸受が発熱し変色、さらには焼付き、回転不能となる	<ul style="list-style-type: none"> ・すぎ間過小 ・潤滑不良 ・取付け不良 	<ul style="list-style-type: none"> ・はめ合い、軸受すぎ間の見直し ・適正潤滑剤を適量供給 ・取付け法および取付け関係部品の見直し

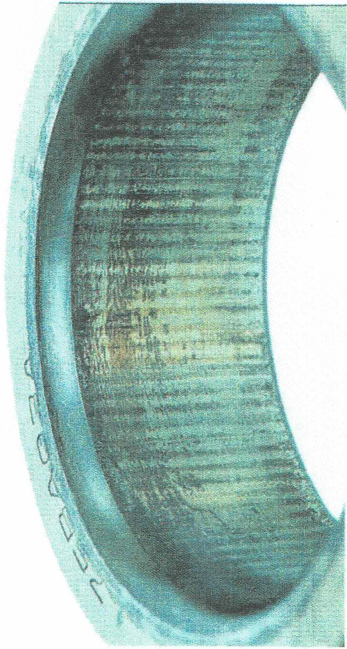
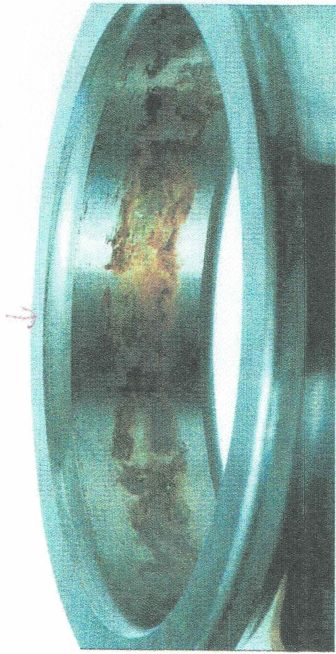


さびと間違いやすいので注意

⑩ フレッチング摩耗(フレッチング)

損傷状態	原因	対応処置
はめ合い面に赤錆色の摩耗粉	・はめ合い面の微小すき間ですべり摩耗 ・微動振幅による摩耗	・締めしろを大きくする ・予圧をかける ・油を塗る

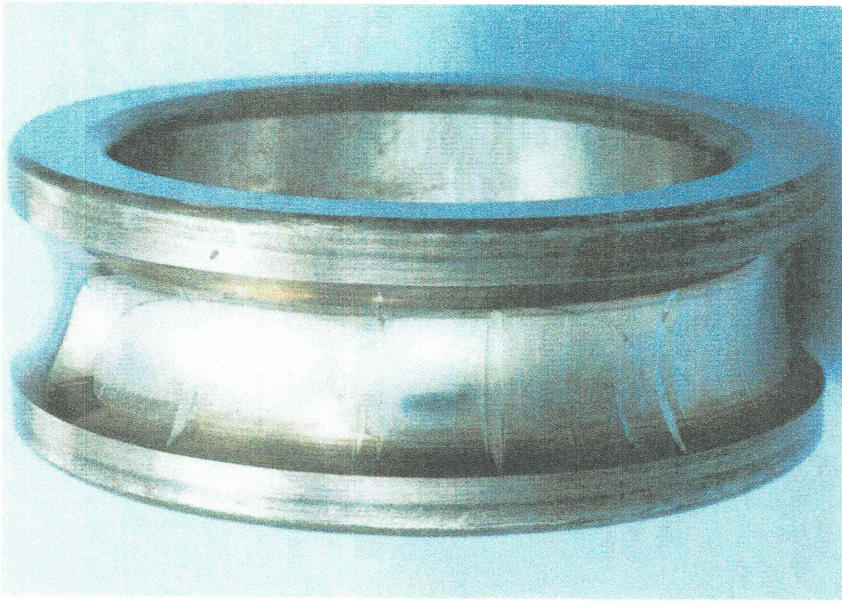
微動振幅による摩耗



写真提供：日本精工株式会社(上・下とも)

⑪ フォールスブリネリング

損傷状態	原因	対応処置
軌道面に転動体ピッチ間隔の摩耗	軸受停止中の振動、揺動	・軸とハウジングを固定する ・予圧をかけて振動を軽減する



3 歯車損傷に関する問題

歯車は歯と歯との直接すべり接触により回転と動力を伝達するもので、

- 摩擦車、ベルト車などと異なり確実に回転と動力を伝える
- 速度比が一定である
- 比較的大きい減速ができる
- 比較的大きい動力の伝達ができる
- 耐久度が大きい

などの特徴から、もともと広く用いられる伝動装置である。

3・1 歯車の損傷

歯車の歯部の損傷には、変形・破壊・摩耗・表面疲れ・焼きなどがある。その原因として、以下のものがある。

(1) 歯車の歯面仕上げ程度

歯面の凸凹が、繰返し応力のため疲労してはく離する。

(2) 潤滑油中の異物

硬い異物が混入して、歯面に圧こんやかききず、摩耗が発生する。

(3) 機械的な損傷

熱処理不良による歯の欠損片、脱落したナットなどのかみ込みにより歯の曲げ変形、折損や大きなかききずが発生する。

(4) 金属材料的な損傷

歯面荷重に対して材料の強度が小さいとき、歯面の表面硬度が低いときなど、使用材料に起因する損傷である。

(5) 潤滑上の損傷

油膜強度不足、油量不足による焼き、摩耗が発生する。

以上のように歯車の損傷の原因はさまざまであり、その処置を誤ると故障が頻発したり重大事故が発生することになる。

3・2 実技試験問題と解説

歯車損傷写真について、名称・現象・原因、対応処置を判定する。

(1) 問題

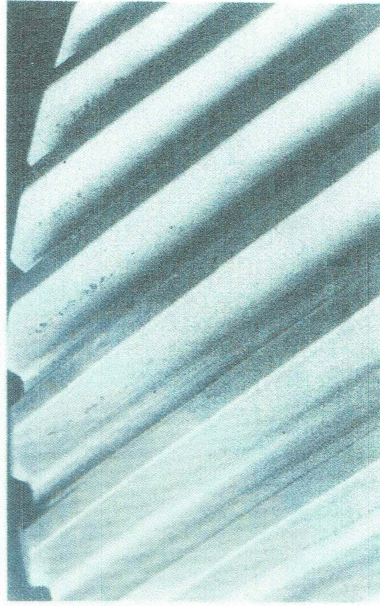
＜歯車損傷写真＞A～Cの損傷の名称、現象・原因、対応処置として、もっとも適切なものを＜名称＞、＜現象・原因＞、＜対応処置＞の中からそれぞれ1つ選び、記号または番号を解答欄にマークしなさい。

＜写真A＞



出典：『歯車損傷図鑑』（日本機械学会）

<写真B>



<名称>

- イ. 初期ピッチング
- ロ. 塑性流れ
- ハ. スポーリング
- ニ. スコーリング
- ホ. アブレーション摩耗
- ヘ. 化学的腐食
- ト. 疲れ折損
- チ. ローリング
- リ. かみ込みみず
- ス. リップリング

<写真C>



出典：『歯車損傷図鑑』（日本機械学会）

<現象・原因>

- a. 潤滑油中の硬い粒子、侵入異物によるきず
- b. 歯面を硬化したものに見られ、形や深さが不規則な大きなはく離
- c. 歯元から歯先にすじ状の焼付きひっかきみずが出現。溶着と引裂きが交互に起こる
- d. ピットが浅くて小さく、カッターマークなどの部分的な高所に繰返し荷重を受けることによる疲れ損傷
- e. 破断面に貝がら状の模様が見られる
- f. 過大荷重や焼入れ不足および潤滑不良などによる歯面の変形
- g. 化学反応により赤褐色の錆などが生じ、歯面が劣化する
- h. 浸炭焼入れした歯車に多く見られ、歯面接触線方向に波形あるいはウロコ状に模様が見れる
- i. 歯面の間に大きな硬い異物が入り込み、一部塑性変形する
- j. 歯面で材料が流動し、ピッチ線付近にへこんだ筋や隆起を生じる

<対応処置>

1. 運転荷重の低減。焼入れなどで歯車強度を改善し変形を防ぐ
2. 歯面の歯当りを修正する。潤滑油の粘度を上げて歯面をなじませる
3. 潤滑油の清浄化、外部からの異物混入防止、歯面硬度改善を行う
4. 歯車の強度アップ、熱処理改善し疲労を防ぐ
5. 歯車装置内部の清浄化、給油配管のフラッシング
6. 潤滑油の清浄化、潤滑油の供給量の増加、潤滑油の粘度アップを行う
7. 材質切欠きができないように、歯元まで均一に熱処理をする
8. 運転荷重の低減。歯車強度を改善する
9. 環境を清浄化する。水分混入を防止する
10. 運転荷重の低減。潤滑条件を改善する

解 答 欄		
写真	名 称	現象・原因
A		
B		
C		

Check Point!

実技試験では、現場で発生する歯車の損傷写真を観察して、その損傷の名称と現象・原因および対応処置を判定する問題が多い。出題する年度により写真が入れ替わるので、以降で示す損傷写真のどれが出題されても判定できるようにしたい。また、日ごろから実物にも接しておくことも大切である。なお、表中の原因・対策については、現場の保全業務にも活かしてほしい。

(2)解 答

解 答 欄		
写真	名 称	現象・原因
A	ホ. アブレーション摩耗	a. 潤滑油中の硬い粒子、侵入異物によるきず
B	イ. 初期ピッチング	d. ピットが浅くて小さく、カッターマークなどの部分的な高所に繰返し荷重を受けることによる疲れ損傷
C	ハ. スポーリング	b. 歯面を硬化したものに、形や深さが不規則な大きなく離
		3. 潤滑油の清浄化、外部からの異物混入防止、歯面硬度改善を行う
		2. 歯面の歯当たりを修正する。潤滑油の粘度を上げて、歯面をなじませる
		7. 材質切欠きができないように、歯元まで均一に熱処理をする

(3)解 説

アブレーション摩耗は、硬い粒子により歯面の削り取り摩耗が著しく進行したものであり、対策としては、油のろ過、ダスト・異物の侵入防止、歯面硬度を硬くするなどがある。

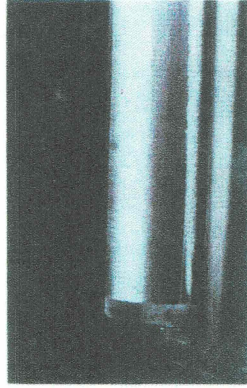
初期ピッチングは、歯面上にかかる繰返し荷重によって疲労を起こし、歯面に小さなピット(穴)を生じる。初期ピッチングは歯当たり面が安定すると、生じたピットは進行しない。歯面をなじませるようにする。

スポーリングは、表面下が疲労して金属片がかなり大きく欠け落ちる現象で、提示された写真Cは進行性ピッチングの隣接ピットが連結して大きなく離を起こしたケースである。対策としては、歯車材質・熱処理(歯元まで均一な熱処理)の改善がある。

① アブレシブ摩擦(著しく進行すると異常摩耗となる)

損傷状態	原因	対策
粒子による細かい かききず、歯面の 削り取り摩耗	・硬い異粒子や歯面突起が歯面を削る ・歯車自体の摩耗や外部からのダスト侵入	・油の清浄化 ・異物侵入防止 ・歯面硬度改善

(参考)スクラッチング: アブレシブ摩擦よりも大きな異物かみ込みで発生する深いきずで、すべり方向に引っかききずがみられる。原因・対策はアブレシブ摩擦と同じ。

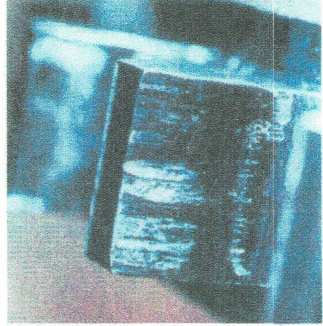


出典:『歯車損傷図鑑』(写真左)、『歯車強さの設計資料』(日本機械学会)

② スコーリング

スコール 歯対にいた、
片方の歯がきず

損傷状態	原因	対策
油膜破断により金属接触面の 局部溶着で、歯たけ方向 の引っかききず	・潤滑油の不適合または不足 ・歯当たり不良	・給油量増加、潤滑油の粘 度アップ ・融着金属の除去 ・歯当たり修正



出典:『歯車強さの設計資料』(日本機械学会)

③ 初期ピッチング

損傷状態	原因	対策
歯面上に小さな穴 (ピット)が生じる	・歯面の微細突起部分に応力が 集中して発生する小穴 ・歯面の疲れ損傷	・適正潤滑油を適量供給 ・歯当たり改善 ・歯面をなじませる

初期ピッチングは、歯当たり面が安定すると進行しない。

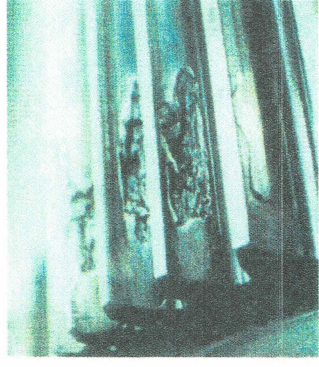


進行すると

スコールになる

④ スポーリング(進行性ピッチングとして解釈されることもある)

損傷状態	原因	対策
表面下が疲労し、金属片がか なり大きくなると離れ・脱落する。 歯面が負荷に耐えることがで きなくなり、局部的に歯形が崩 れる	・歯車材質の不良、強度 不足 ・強い片当たり ・衝撃高荷重	・歯車材質、熱処理の改善 (歯元まで均一な熱処理) ・片当たり改善(潤滑剤で の防止は期待できない)

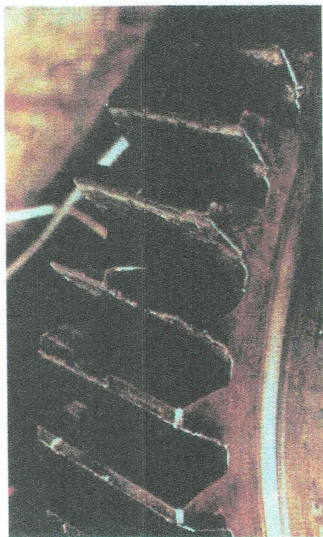


出典:『歯車損傷図鑑』(日本機械学会)

2018年度出た

⑤ 塑性流れ(バリ)

損傷状態	原因	対策
歯先などに塑性変形した材料が、はみ出した状態(バリ)	・歯面の硬度不足、または歯面に焼入れがされていない ・過大荷重が負荷された、または潤滑剤の不適當	・運転荷重の低減 ・歯面の焼入れ ・粘度の高い潤滑剤を使用

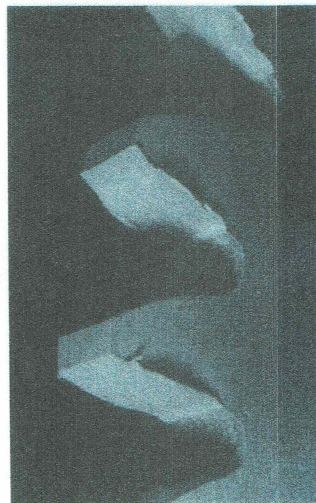


出典：『歯車損傷図鑑』(日本機械学会)

2018年度出た

⑥ ローリング(塑性流れの1つ)

損傷状態	原因	対策
歯面で材料が流動し、ピッチ線付近にへこんだ筋や隆起を生じる(材料の流動)	歯面全体に過大荷重がかかり材料が降伏し、ずり作用が起こる	・運転荷重の低減 ・歯車強度改善



JIPM 刊の「損傷と対策写真集」より

塑性流れとローリングは、同時には出題されないようだ

⑦ リップリング

損傷状態	原因	対策
浸炭焼入れした歯車に多く見られ、塑性流れの1つで、歯面接触線方向に波形あるいはウロコ状に模様が現れる	・過大負荷や振動 ・潤滑不適當 ・材料、熱処理の欠陥	・運転荷重の低減 ・潤滑条件の改善 ・材料、熱処理の改善



JIPM 刊の「損傷と対策写真集」より

⑧ かみ込みきず

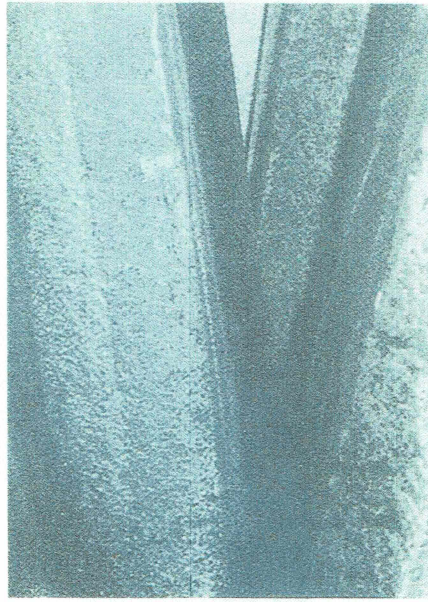
損傷状態	原因	対策
異物が比較的小さい場合には「圧こんがつく程度であるが、大きくなるにつれて「圧こん」の周りに亀裂が生じたり、歯の一部が塑性変形する	歯面の間に硬い異物をかみ込んで起こる	・歯車装置内部の清浄化 ・給油配管フラッシング



出典：『歯車損傷図鑑』(日本機械学会)

⑨ 腐食

水分、酸、潤滑油中の添加剤などの化学反応により、小孔や錆として認められる歯面の劣化である。運転を停止し、長時間そのままにして発生錆させ、歯面以外の各部分にまで赤錆が広がっているのを見ることが多い。環境的に湿気の多いところや潤滑油中の水分に注意したい。



参考

損傷名は、原因に基づくものと状態に基づくもので表しており、混在しているので整理しにくい面がある。

英語では現象を端的に表しているので、参考までに記述する。

- | | | |
|----------|--------------|-------------------|
| ・アブレシブ | : abrasive | …すりへらす・研磨する |
| ・スクラッチング | : scratching | …(鋭いもので)ひっかく |
| ・フレッティング | : fretting | …すり減る・次第に腐食(侵食)する |
| ・スポーリング | : spalling | …破碎する |
| ・ピッチング | : pitting | …穴・くぼみをつくる |
| ・ローリング | : rolling | …転がり・ゆるやかな起伏・うねり |
| ・リップリング | : ripple | …ざざ波・波紋・波動・波打つ |

4 歯車減速機、排気ファン装置の振動に関する問題

4・1 機械の振動測定と異常の判定(設備診断)

(1)低周波振動

手に感じる異常(低周波振動)は、速度振動を測定して解析する。

- アンバランスの場合、回転周波数(f_0)が発生する
 - ミスアライメントの場合、回転周波数(f_0)とともに $2f_0$ が発生する
 - ガタの場合、回転周波数(f_0)とともに高次成分の mf_0 が発生する
- 速度振動の周波数分析結果から、振動原因を判定する出題がある。

(2)中間周波振動

可聴音の振動は、機械部品同士の衝突(打撃)で発生することが多い。たとえば歯車の歯当たり不良のとき、歯のかみ合い時に歯打ち現象(打撃音)が大きくなる。そのとき発生する周波数は中間周波数である。

$$\text{回転周波数} \times \text{歯数} = \text{かみ合い周波数}$$

であり、かみ合い異常のときにこの周波数が大きくなる。この計算式を使って、減速機のどこの歯車が異常かを判定する出題がある。

(3)高周波振動

ころがり軸受の軸受の転動体と転送面が金属接触すると、高周波の振動が発生する。この振動を信号処理して、周波数分析による解析で軸受きずを判定する。

4・2 実技試験問題と解説

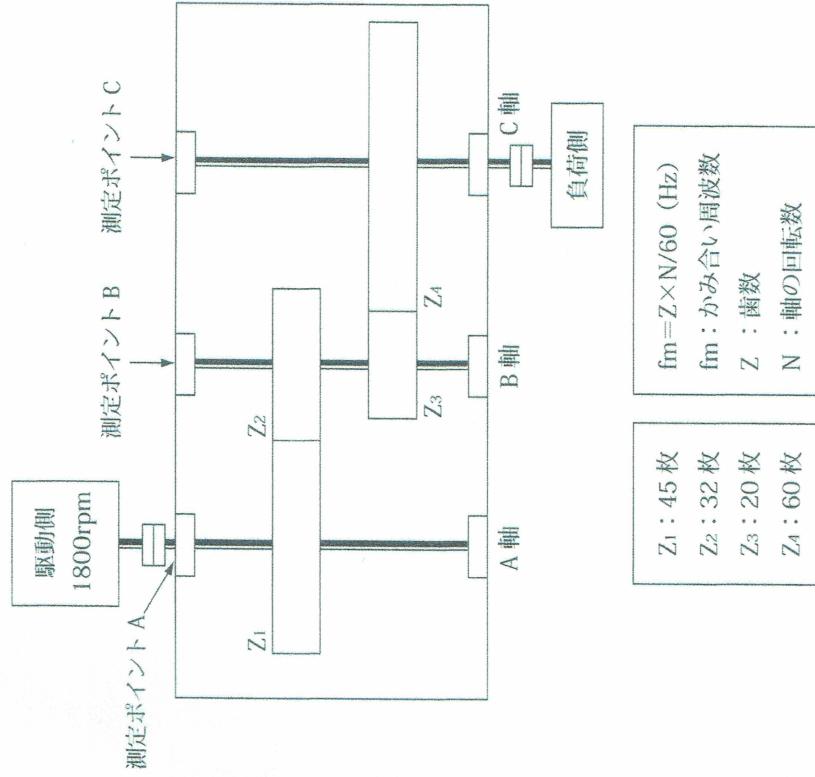
提示された減速機や送風機などの振動解析結果から、異常の原因を判定する問題が出題されている。これまでに1級では減速機、2級では送風機が出題されている。減速機の問題では、歯車のかみ合い周波数の計算が必要となる。送風機の問題では、測定方向ごとの振動値から異常を

読み取ることが必要である。また、以下の問題1は1級向け、問題2は2級向けであるが、級に関わらずじっくりと学習されたい。

(1) 問題 1

＜歯車減速機図＞に示す歯車減速機について、振動測定を行った。
なお、設問1と設問2は、関連性はないものとする。

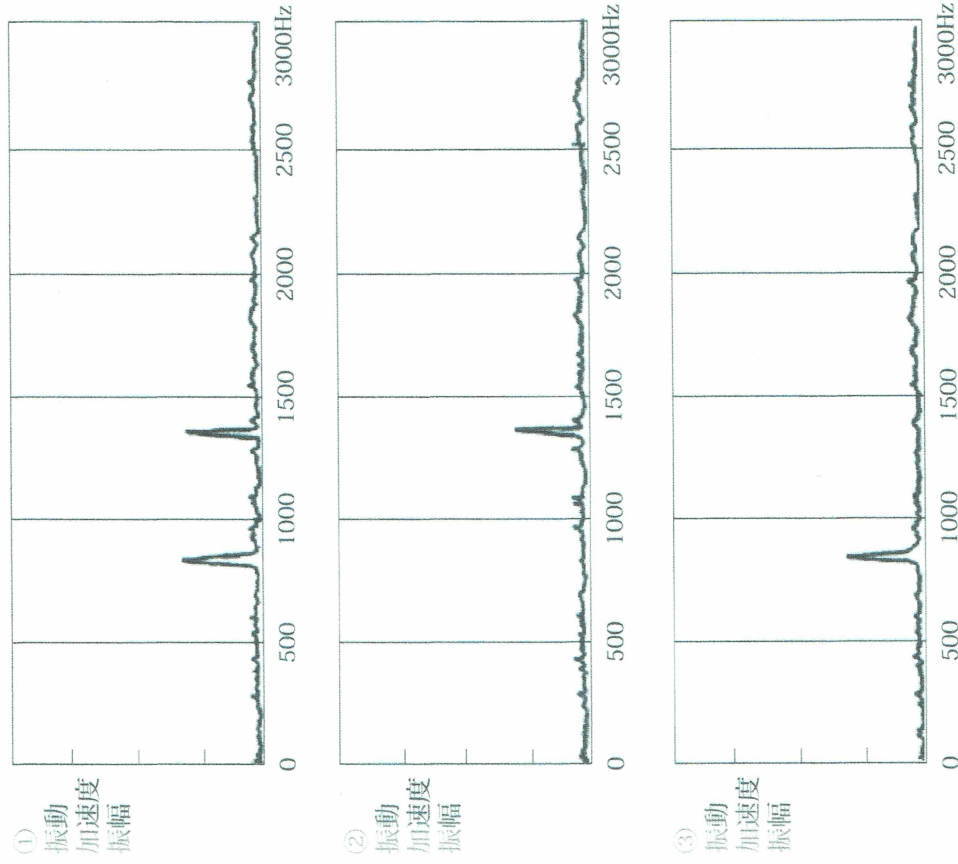
＜歯車減速機図＞



● 設問 1

＜歯車減速機図＞に示した測定ポイントA～Cでの振動スペクトル波形図として、もっとも適切なものを＜スペクトル波形図a＞の①～③からそれぞれ1つ選び、その番号を解答欄にマークしなさい。

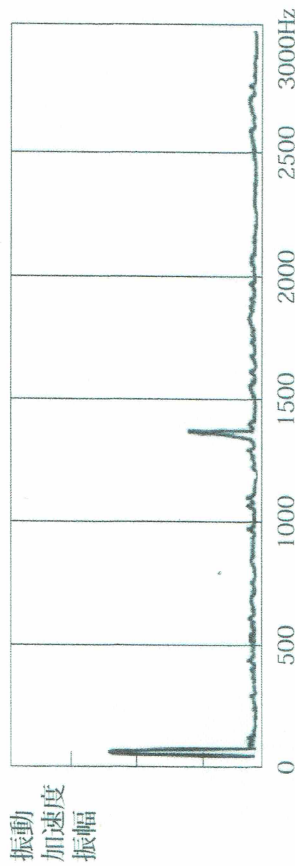
＜振動スペクトル波形図a＞



● 設問2

＜歯車減速機図＞に示す歯車減速機について、異常振動が感じられたため再度測定を行った。測定により得られた＜スペクトル波形図b＞より、推測できる異常の原因として、もっとも適切なものを＜原因＞の中から1つ選び、その記号を解答欄にマークしなさい。

＜振動スペクトル波形図b＞



＜原因＞

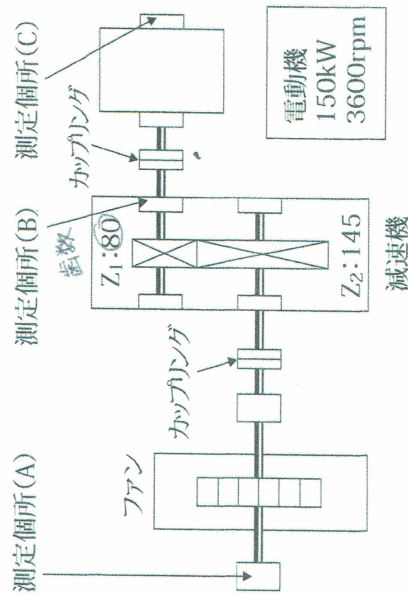
- イ. $Z_1 \cdot Z_2$ 一对の歯車摩耗
- ロ. $Z_3 \cdot Z_4$ 一对の歯車摩耗
- ハ. Z_1 の歯車の歯が一部欠落
- ニ. Z_2 の歯車の歯が一部欠落
- ホ. Z_3 の歯車の歯が一部欠落
- ヘ. Z_4 の歯車の歯が一部欠落
- ト. 1 軸のミスアライメント

解 答 欄	
設問1	測定ポイントA
	測定ポイントB
	測定ポイントC
設問2	原 因

(2) 問 題 2

＜排気ファン装置図＞に示す排気ファン装置について振動測定を行い、＜振動測定結果表＞に示す結果を得た。異常と推定される部位と不具合として、もっとも適切なものを＜排気ファン装置図＞、＜不具合＞の中からそれぞれ1つ選び、その記号または番号を解答欄にマークしなさい。なお、異常部位から、異音も発生している。

＜排気ファン装置図＞



測定箇所		今回測定値		初期値	
測定箇所	測定方向	速度 (mm/s)	加速度 (G)	速度 (mm/s)	加速度 (G)
(A)	H	0.9	3.9	0.9	2.9
	V	0.9	2.9	0.9	2.9
	A	1.0	3.0	0.9	2.9
(B)	H	0.9	4.9	0.3	3.9
	V	1.0	4.5	0.3	3.9
	A	2.1	7.8	0.3	3.9
(C)	H	0.8	4.9	0.8	3.9
	V	1.0	4.1	0.8	3.9
	A	1.2	5.9	0.8	3.9

＜排気ファン装置図異常部位＞

1. 測定箇所(A)
2. 測定箇所(B)
3. 測定箇所(C)

＜不具合＞

- イ. 基礎ボルトの緩み
- ロ. 軸継手のミスアライメント
- ハ. 軸受の損傷
- ニ. 減速機内歯車の損傷
- ホ. ファンのアンバランス
- ヘ. 周辺設備の異常振動
- ト. 電動機の異常

(3)解答
問題1

解 答 欄		
設問1	測定ポイントA	②
	測定ポイントB	①
	測定ポイントC	③
設問2	原 因	二. Z ₂ の歯車の歯が一部欠落

問題2

解 答 欄		
設問1	排気ファン装置図異常部位	2. 測定箇所 (B)
設問2	不 具 合	ロ. 軸継手のミスアライメント

(4)解 説

問題1

● 設問1

まず、各軸の回転周波数とかみ合い周波数を計算すると、次のとおりである。

- 1軸回転周波数： $f_{o1} = 1800 / 60 = 30\text{Hz}$
- 2軸回転周波数： $f_{o2} = 30 \times 45 / 32 = 42\text{Hz}$
- 3軸回転周波数： $f_{o3} = 42 \times 20 / 60 = 14\text{Hz}$
- 1段ギヤ噛合い周波数： $f_{m1} = f_{o1} \times Z_1 = 30 \times 45 = 1350\text{Hz}$
- 2段ギヤ噛合い周波数： $f_{m2} = f_{o2} \times Z_3 = 42 \times 20 = 840\text{Hz}$

各測定ポイントごとに検知される周波数

測定ポイント	検知される周波数	振動周波数(Hz)
測定ポイントA	f_{o1} f_{m1}	30、1350
測定ポイントB	f_{o2} f_{m1} f_{m2}	42 1350 840
測定ポイントC	f_{o3} f_{m2}	14 840

したがって、スペクトル波形図aの①は、840Hzと1350Hzが発生しているので、測定ポイントBである。

②は、1350Hzが発生しているので、測定ポイントAである。

③は、840Hzが発生しているので、測定ポイントCである。

測定ポイント(A)での振動は、一般的には1軸から発生する振動が大きく検知される。2～3軸からの振動は測定ポイントAから離れているので、振動値が小さく検知される。

1軸から発生する振動は、(1)1軸回転周波数(f_{o1})、(2) $Z_1 \cdot Z_2$ のかみ合い周波数(f_{m1})などが一般的である。

● 設問2

提示された問題ではFFT画面に42Hzという周波数が記入表示されていない。スペクトル波形図の横軸500Hzを5等分すると1目盛が

100Hzとなる。最初に立ち上がっているスペクトルは50Hz近辺である。この装置から発生する周波数は、30Hzと42Hzが計算されるので、このスペクトルは、30Hzというより42Hzと読み取ることができる。

スペクトル波形図bは、42Hzと思われる周波数と1350Hzが発生しており、とくに42Hz(f_{02})も卓越した周波数である。

加速度振動周波数分析で、2軸回転周波数が発生している、2軸の1回転に1回の衝撃振動が発生していることを表している。かつ1段ギヤ噛合い周波数が発生していることから、 Z_2 の歯車の歯が一部欠落していることが考えられる。

問題2

● 設問1

相対判定は初期値に対して何倍になっているかで判定する。例として、初期値の2倍が「注意」、4倍になると「ダメージ」と判定することが多い。振動測定結果表より、今回測定した値は(B)のポイントで振動が大きくなっている。

振動の上昇が大きい(B)のポイントで、

速度 $2.1 / 0.3 = 7$ 倍

加速度 $7.8 / 3.9 = 2$ 倍

になっている。(C)のポイントで、

速度 $1.2 / 0.8 = 1.5$ 倍

とやや上昇している。

とくに倍率が高いのは測定箇所(B)である。したがって、(B)部に劣化が進んでいると考えられることから、異常振動部位であると判定できる。

● 設問2

測定箇所(B)の速度値の振動が、とくに大きくなっている。速度振動は手に感じる振動であり、アンバランス、ミスアライメント、ガタの異常と考えられる。振動の発生方向を見ると、A方向(軸方向)が大きい。そして(C)のA方向も上昇していることから、電動機軸継手のミスアライメントが発生していると判定できる。したがって、対策は電動機の芯

出し調整が必要である。

加速度7.8Gと大きいのは、芯不良による軸振動で歯打ち音発生が考えられ、芯出し後は振動低下する可能性がある。

修理した後は必ず「修復診断」を実施し、良好に修復されたかを確認すると同時に、補修した結果を品質保証するため、データで示すことが大切である。修理前の原因調査診断⇒それに基づく補修⇒修復診断、この3つのステップは必須のステップであり、CBMの第一歩である。

速度振動が大きくなった場合は、アンバランス、ミスアライメントやガタが考えられる。速度振動の発生方向により振動原因が推定できる。

一般的には、

H(水平方向): アンバランス

V(上下方向): ボルトゆるみ、ガタ

A(軸方向): ミスアライメント

である。

Check Point!

このような問題が出題されたら、まず各軸の回転周波数を計算する。回転周波数は、回転数(rpm)を60で割ると計算できる。

$$f_0 = \text{rpm} / 60$$

次に、噛み合い周波数の計算をする。その歯車の回転周波数に歯数を掛けると計算でき、その歯車が1秒間にかみ合う回数であり、その回数だけの振動が発生している。それがかみ合い周波数(f_m)である。

$$f_m = f_0 \times Z$$

5 部品の破断面に関する問題

5・1 金属材料の破壊

機械部品や構造物の破壊事故において、まず第一に調べなくてはならないものは、その破断面の状況である。破断面にはその破壊発生からの最終破断に至るまでのすべての経過が現れており、経験を積むとそこから破壊のなりゆきを読み取ることが可能となる。

以下に主な金属破壊のポイントをまとめておく。

(1) 延性破壊

静荷重を増していくとき、大きな変形をともなって(すべり)を生じ、塑性変形をしたうえで破壊することを延性破壊という。あたかも重ねたカードが相互にすべって、2つの部分に分かれるのに似ている。

延性材料として、軟鋼、銅合金、アルミ合金がある。

(2) 脆性破壊

同様に静荷重を増していくとき、ほとんど塑性変形をともなわず急に破壊することを脆性破壊という。破断面上で結晶面はランダムな方向に露呈されるから、破断面を回転すると破断面はピカピカ光って見えるのが特徴である。

軟鋼を低温で使用するときや高硬度鋼に生じやすい。また軟鋼などの延性材料でも鋭い切欠き、あるいは疲労による亀裂があるとき、高い応力がかかると脆性的な破壊をする。

(3) 疲労破壊

金属材料の一部に繰返し応力の影響が蓄積し、その結果微細な亀裂が生じ、これが徐々に進行して疲れ破断を起こす。

マクロ的には貝がら模様(ビーチマーク)を呈し、ミクロ的には繰返し荷重の1サイクルごとに形成される縞模様(ストライエーション)が見ら

れるのが特徴である。

● 延性破壊と脆性破壊

これまでに話題された破断面の判定では、損傷名称として「延性破壊」「脆性破壊」の区別は問われていなかった。すなわち、「静的破壊」という名称になっていた。最近<名称>の語群内に「延性破壊」「脆性破壊」の文言が話題されるようになったので要注意である。

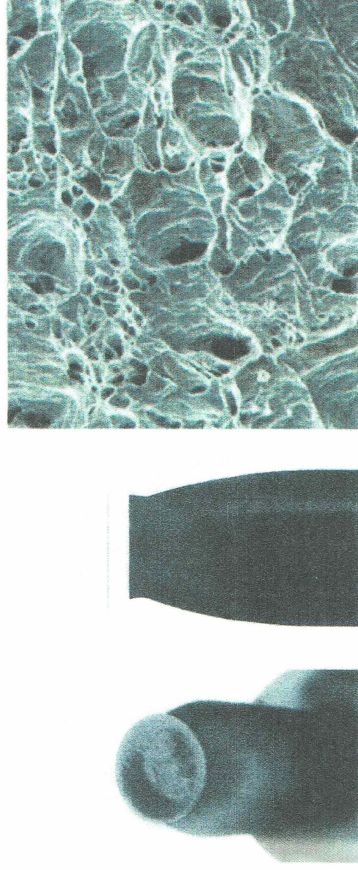
5・2 実技試験問題と解説

提示された材料損傷・破壊写真について、破損名称、破損現象、破損原因を判定する。

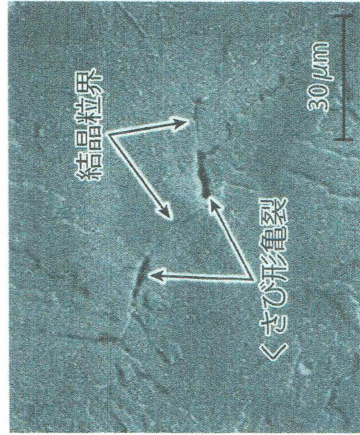
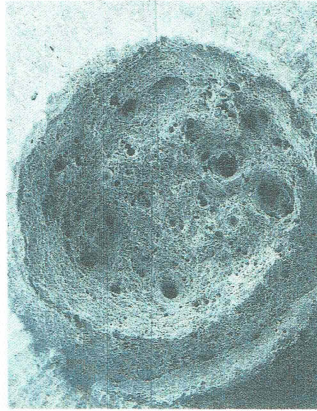
(1) 問題1

<破断面写真> A～Cの損傷の名称、内容として、もっとも適切なものを<名称>、<内容>の中からそれぞれ1つ選び、その記号または番号を解答欄にマークしなさい。

<写真A>



<写真 B>



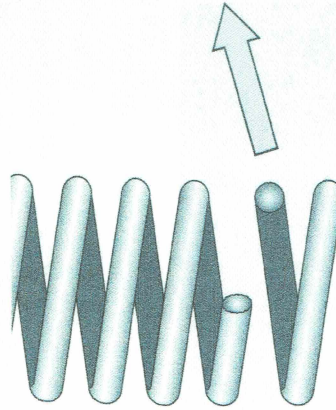
<名称>

- イ. 疲労破壊
- ロ. クリープ破壊
- ハ. 衝撃破壊
- ニ. 応力腐食割れ
- ホ. 静的破壊
(延性破壊)
- ヘ. 静的破壊
(脆性破壊)

<内容>

- a. 単純増加荷重による破断で、破断部にはマクロ的に伸びや変形が認められる
- b. 打撃またはそれに準じる激しい荷重によって生じる破壊
- c. 常時働いている一定荷重によって生じる粒界破断(常温よりも高温が一般的)
- d. 腐食性液体または気体による化学的影響を伴う破壊
- e. 繰返し荷重による破断であり、材質欠陥、オーバーロード、応力集中などに起因して、負荷応力が疲れ限界を超えたために生じたもので、亀裂が徐々に進行していく破断
- f. 単純増加荷重による破断であるが、破断部近くにほとんど塑性変形を伴わない破壊

<写真 C>



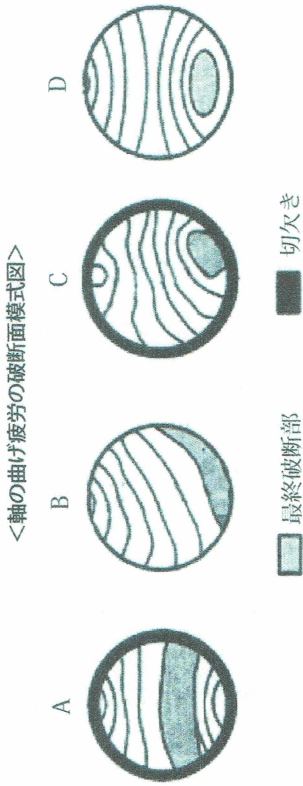
スプリング破面

破面のミクロ写真

解 答 欄		
写真	名 称	内 容
A		
B		
C		

(2)問 題2

＜軸の曲げ疲労の破断面模式図＞A～Dの疲労の名称として、もっとも適切なものを＜疲労の名称＞の中からそれぞれ1つ選び、その記号を解答欄にマークしなさい。ただし、記号を重複して使用してよいものとする。



＜疲労の名称＞

- ア. 片振り曲げ疲労
- イ. 両振り曲げ疲労
- ウ. 回転曲げ疲労

解 答 欄	
破断面模式図	疲労の名称
A	
B	
C	
D	

(2)解 答
問 題1

解 答 欄		
写真	＜名 称＞	＜内 容＞
A	ホ. 静的破壊 (延性破壊)	a. 単純増加荷重による破断で、破断部にはマクロ的に伸びや変形が認められる
B	ロ. クリープ破壊	c. 常時働いている一定荷重によって生じる粒界破断 (常温よりも高温が一般的)
C	イ. 疲労破壊	e. 繰返し荷重による破断であり、材質欠陥、オーバーロード、応力集中などに起因して負荷応力が疲れ限界を超えたために生じたもので、亀裂が徐々に進行していく破断

問 題2

解 答 欄	
＜破断面模式図＞	＜疲労の名称＞
A	イ. 両振り曲げ疲労
B	ウ. 回転曲げ疲労
C	ウ. 回転曲げ疲労
D	ア. 片振り曲げ疲労

(3)解 説
問 題1

・写真Aは、静的破壊(延性破壊)した丸棒の引張り試験後の写真である。破断部の片方はカップ状になり、他方は円すい状を呈するのでカップアンドコーンと呼ばれる。延びや変形に合わせて、破断部の近くには必ず破断模様が直径の減少などが生じて、延性分断とディンプル破面が現れる。写真Bは、クリープ破壊である。常時働いている一定荷重によって生じる粒界破断で、くぼみの模様が現れる脆性的な破壊である。応力が高いと鋭いくさび形の空洞が発生し、応力が低い場合は小空洞(空泡形

空洞)が形成され、これらが連結して破壊に至る

・写真Cは、疲労破壊であり、貝殻模様(ビーチマーク)が特徴である。疲労破面のミクロ的様相は、応力の繰返しに対応したストライエーションと呼ばれる縞模様が現れる。

① 疲労破壊

繰返し荷重による破壊であり、亀裂の伝播によって生じた貝がら模様が現れる。疲労破壊を起こさせる応力は、その材料の静的破壊強さより、かなり低い値でも亀裂が発生する。亀裂の起点はキーマミぞ底などのように、形状が急変して応力集中を生じている部分から発生しやすい。

疲労破壊の典型的特徴である貝殻模様が見られる。疲労破面のミクロ的様相は、応力の繰返しに対応した「すじ」ストライエーションが認められる。

機械部品の破損原因の70%は、材料の疲労破壊といわれている。

② 応力腐食割れ

腐食性液体または気体による化学的影響を伴う力学的破壊で、合金や延性金属に起きやすい。金属材料が一定の値以上に保持された引張り応力の作用により亀裂を生じ、破壊に至る現象を応力腐食割れ(SCC)という。外部負荷応力だけでなく、溶接や加工時に生じる残留応力によっても起きる。

高温環境で起きやすく小枝状の割れが現れる。写真1・47は応力腐食割れに特有の「流れ模様」である。

③ 延性破壊・脆性破壊

(単純増加荷重による破断を静的破壊という。そのうち塑性変形を伴うものは延性破壊、伴わないものは脆性破壊と呼ばれる)

延性破壊の特徴は、破壊が起こるまでに著しい塑性流動が生じることである。丸棒の引張り試験の場合には、破断部の場合にはカップ状になり、他方は円すい状を呈するのでカップアンドコーンと呼ばれる。微視的破面の特徴として、ディンプルと呼ばれる形状が現れ、くぼみが多く観察される。これに対して脆性破壊は、ほとんど塑性変形をともなわず急に破壊する。いずれも静荷重が増していくときの破壊現象は「静的破壊」に分類される。

④ 衝撃破壊

常温あるいは低温で延性の小さい材料においては、亀裂や鋭い切欠き

がある場合、衝撃荷重を受けると、ほとんど塑性変形をともなわないで急速に破壊する場合がある。これを衝撃破壊という。脆性破面である放射状破面は、延性破面より明るい色になっており、区別が可能である。

通常の機械部品の衝撃破壊は、荷重が急速に加えられたための過負荷による破壊と考えるとよい。

⑤ クリープ破壊

一定荷重のもとで、時間の経過とともに材料がそのひずみを増加する現象である。鉄鋼材料では、常温付近ではほとんど無視できるが、再結晶温度〔673K(400℃)〕以上の高温になると時間の経過とともにクリープ変形が進行し、荷重が大きいと破断に至る。

一般的に、クリープ破壊は結晶粒界に沿って起こるので、マクロ的破断面は粗く結晶的であり、脆性的な破壊である。

応力が高いと鋭いくさび形の空洞が発生し、応力が低い場合は小空洞(空泡形空洞)が形成され、これらが連結して破壊に至る。

問題2

① 片振り曲げ疲労

断面の応力状態は片側は常に引張り、反対側は常に圧縮となっていて、亀裂は引張り側から圧縮側へ左右対称に伝播する。亀裂は貝殻模様を呈する。

② 両振り曲げ疲労

亀裂は断面上で上下両側から発生し、中央へ向かって左右対称に伝播する。

③ 回転曲げ疲労

貝がら模様の縞が回転方向と逆に回転する、亀裂の起点が全周上に存在するという特徴がある。応力が小さい場合は、最終破断部が断面の中心から偏心する。

6 軸の寸法に関する問題

6・1 加工部品の寸法検査と対応措置

保全活動には、機器を構成する機械要素品の寿命を延長し、その保有機能を常時発揮させるという使命がある。とくに「保全は摩耗との戦いである」といわれており、その再生補修を行うときには適正な方法で実施することが求められる。再生・改善部位の機能、材質、形状など、使用条件に適応した再生補修の方法を選択する保全技術力が必要である。

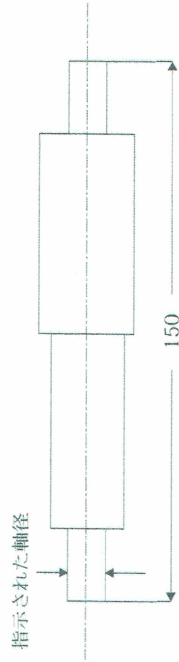
6・2 実技試験問題と解説

提示された機械部品について、その加工された寸法の計測値を読み取る。また摩耗部品の再生補修の方法を判定したり、はめ合いの許容寸法なども出題される。

(1) 問題1

＜主軸台中間軸＞は工作機械の主軸台中間軸で、深みぞ玉軸受(内径22mm)により外輪固定で支持されて回転するものであり、旋盤加工を終えて寸法の測定を指示した図である。

＜主軸台中間軸＞



Check Point!

高温蒸気開閉弁の蓋を締め付けている六角穴付きボルト(材質：耐熱鋼)の首下部が破断した事例がある。蒸気温度は866K(593℃)であった。ボルト首下部に応力が集中し、かつ結晶粒界が結晶粒内よりも弱くなって破断が結晶粒界に起こり(粒界破断)、クリープ破断、疲労破断、クリーブ破断、衝撃破断、静的破断、応力腐食割れ)と破断面の写真が一致するように学習しておくことが大切である(年度により、破断面写真の差替えが行われる)。

なお、応力腐食割れについては、写真1・47のような破断面の写真ではなく、写真1・46のような断面の写真が出題される傾向にある。

指示された軸径をマイクロメータにより測定した結果、＜マイクログメータによる測定写真＞のA、Bのとおりであった。A、Bの測定値(小数点以下2ケタまで)、対応処置として、もっとも適切なものを＜測定値＞、＜対応処置＞の中からそれぞれ1つ選び、その記号または番号を解答欄にマークしなさい。

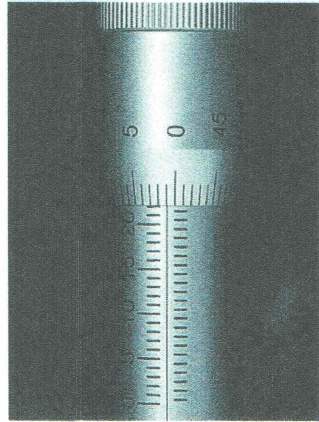
ただし、次の前提条件を考慮すること。

〔前提条件〕

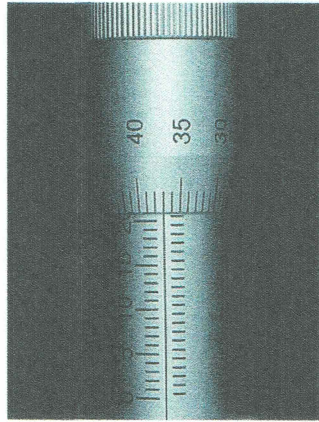
- (1) 上記の指示された軸径以外の寸法は、指示範囲内とする
- (2) 軸の寸法許容差は、 $\pm 0.0065\text{mm}$ とする
- (3) 軸を製作し直すのに要する材料は入手できない
- (4) ＜対応処置＞は、すべて対応可能とする

＜マイクロメータによる測定写真＞

＜A＞



＜B＞



＜測定値＞ 単位 mm

ア. 21.01	オ. 21.91	ケ. 20.87
イ. 21.99	カ. 21.26	コ. 21.96
ウ. 22.51	キ. 20.26	
エ. 22.01	ク. 21.87	

＜対応処置＞

- 1. そのまま使用する
- 2. 旋盤で所定の寸法にペーパー(研磨紙など)で研磨してから使用する
- 3. 研削盤で所定の寸法に加工してから使用する
- 4. 硬質クロムめっきを施し、所定の寸法に機械加工してから使用する
- 5. 溶射・肉盛り、所定の寸法に機械加工してから使用する(4.よりもコスト高)

解 答 欄		
図	測定値	対応処置
A		
B		

(2) 解答

解 答 欄		
図	測定値	対応処置
A	エ. 22.01mm	2. 旋盤で所定の寸法にペーパー(研磨紙など)で研磨してから使用する
B	ケ. 20.87mm	5. 溶射・肉盛り、所定の寸法に機械加工してから使用する(4. よりもコスト高)

(3) 解説

● 問題 1

中間軸 A : $22 + 0.01 = 22.01(\text{mm})$

中間軸 B : $20.5 + 0.37 = 20.87(\text{mm})$

マイクロメータの目盛読みで注意したいことは、スリーブの下側の 0.5mm を読み忘れないことである。

寸法許容差 $\pm 0.0065\text{mm}$ であることより、軸径は $21.9935 \sim 22.0065\text{mm}$ が許容寸法となり、それ以外が加工範囲となる。

● 中間軸 A

$22.01 - 22.0065 = 0.0035$ となり、 0.0035mm 大きい。この程度なら「旋盤で所定の寸法にペーパー研磨する」を選択する。

● 中間軸 B

$20.87 - 21.9935 = \blacktriangle 1.1235$ となり、 1.1235mm 小さい。溶射・肉盛り皮膜は一般的に $0.1 \sim 3.0\text{mm}$ 程度であるので、溶射・肉盛りを行い、研磨仕上げを実施する。

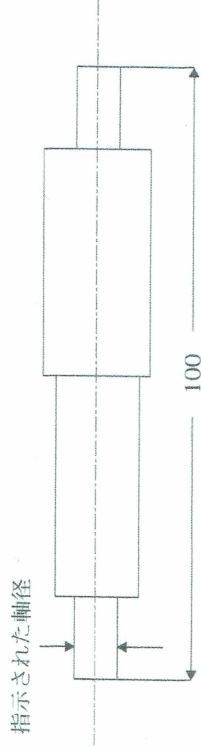
6・3 実技試験問題と解説 (1 級向け)

提示された機械部品について、その加工された寸法の計測値を読み取る。また、必要な加工量、摩耗部品の再生補修の方法を判定したり、はめ合いの許容寸法なども出題される。

(1) 問題 1

＜主軸台中間軸＞は工作機械の主軸台で、深みぞ玉軸受(内径 20mm)で支持されて回転するものであり、仕上げ寸法の測定を指示した図である。

＜主軸台中間軸＞



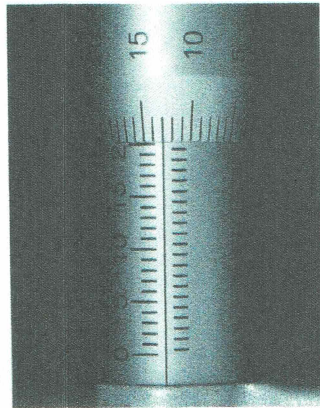
指示された軸径をマイクロメータにより測定した結果、＜マイクロメータによる測定写真＞A、Bのとおりであった。A、Bの寸法(小数点以下3ケタまで)を、はめ合い公差内におさめるための対応処置、処置の際に必要な加工量として、もっとも適切なものを＜対応処置＞、＜必要な加工量(仕上げ寸法との差)＞、の中からそれぞれ1つ選び、その記号または番号を解答欄にマークしなさい。ただし、次の前提条件を考慮すること。

(前提条件)

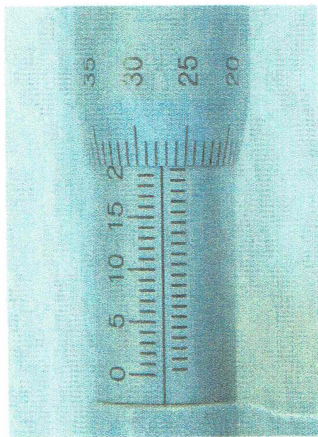
- (1) 上記で指示された軸径以外の寸法は、図面指示どおりの寸法であった(指示範囲内とする)
- (2) はめ合い公差は、js6 とする(＜はめ合い公差表＞より)
- (3) 軸を製作し直すのに要する材料は入手できない
- (4) ＜対応処置＞はすべて対応可能とする

＜マイクロメータによる測定写真＞

＜A＞



＜B＞



＜対応処置＞

1. そのままで使用できる
2. 旋盤でペーパー（研磨紙など）による研磨をしてから使用する
3. 研削盤で所定の寸法に加工してから使用する
4. 硬質クロムめっきを施し、所定の寸法に機械加工してから使用する
5. 溶射・肉盛りし、所定の寸法に機械加工してから使用する（4. よりもコスト高）

＜必要な加工量（仕上げ寸法との差）＞ 単位 mm

ア. 0.0535	エ. 0.0955	キ. 0.2485	コ. 0.7185
イ. 0.2235	オ. 0.1235	ク. 0.066	
ウ. 1.1035	カ. 0.2815	ケ. 0.2185	

＜はめ合い公差表＞

基準寸法の区分 (mm)	単位 μm															
	を 超え	3	6	10	14	18	24	30	40	50	63	80	100	125	160	200
h 7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
h 8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
h 9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
js 5	± 2	± 2.5	± 3	± 4	± 5	± 6	± 8	± 10	± 12	± 16	± 20	± 25	± 32	± 40	± 50	± 63
js 6	± 3	± 4	± 5	± 6	± 8	± 10	± 12	± 16	± 20	± 25	± 32	± 40	± 50	± 63	± 80	± 100
js 7	± 4	± 5	± 6	± 8	± 10	± 12	± 16	± 20	± 25	± 32	± 40	± 50	± 63	± 80	± 100	± 125
k 5	+ 4	+ 5	+ 6	+ 8	+ 10	+ 12	+ 16	+ 20	+ 25	+ 32	+ 40	+ 50	+ 63	+ 80	+ 100	+ 125
k 6	+ 5	+ 6	+ 7	+ 9	+ 11	+ 14	+ 18	+ 22	+ 28	+ 35	+ 44	+ 55	+ 68	+ 84	+ 104	+ 128
m 5	+ 6	+ 7	+ 9	+ 11	+ 14	+ 18	+ 22	+ 28	+ 35	+ 44	+ 55	+ 68	+ 84	+ 104	+ 128	+ 160
m 6	+ 7	+ 9	+ 11	+ 14	+ 18	+ 22	+ 28	+ 35	+ 44	+ 55	+ 68	+ 84	+ 104	+ 128	+ 160	+ 200
n 6	+ 8	+ 10	+ 12	+ 16	+ 20	+ 25	+ 32	+ 40	+ 50	+ 63	+ 80	+ 100	+ 125	+ 160	+ 200	+ 250
p 6	+ 10	+ 12	+ 16	+ 20	+ 25	+ 32	+ 40	+ 50	+ 63	+ 80	+ 100	+ 125	+ 160	+ 200	+ 250	+ 315
r 6	+ 12	+ 16	+ 20	+ 25	+ 32	+ 40	+ 50	+ 63	+ 80	+ 100	+ 125	+ 160	+ 200	+ 250	+ 315	+ 400

(2) 解答

図	解 答 欄	
	対応処置	必要な加工量
A	3. 研削盤で所定の寸法に加工してから使用する	オ. 0.1235
B	4. 硬質クロムめっきを施し、所定の寸法に機械加工してから使用する	ケ. 0.2185

(3) 解説

問題1

回転軸A : $20 + 0.130 = 20.130(\text{mm})$

回転軸B : $19.5 + 0.275 = 19.775(\text{mm})$

マイクロメータの目盛読みで注意したいことは、スリーブの下側の0.5mmを読み忘れないことである。

必要な加工量(仕上げ寸法との差)

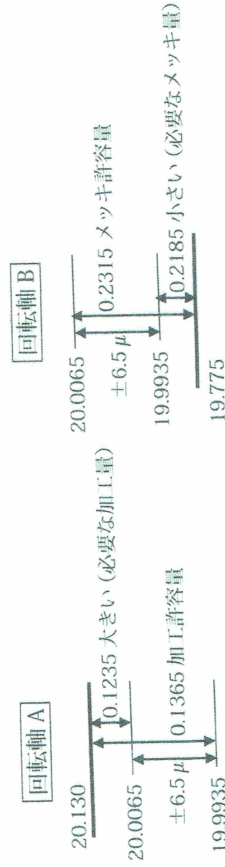
寸法許容差表より、 $\phi 20$ でjs6は $\pm 6.5 \mu\text{m}$ であるので、19.9935～20.0065mmが許容寸法となり、それ以外が加工範囲となる。

● 回転軸A

$20.130 - 20.0065 = 0.1235$ となり0.1235mm大きい。加工しろが0.1mmあることから「研削盤で所定の寸法に加工してから使用する」を選択する

● 回転軸B

$19.775 - 19.9935 = \blacktriangle 0.2185$ となり0.2185mm小さい。工業用クロムめっきの厚さは通常0.01～0.3mmであるので、硬質クロムめっきを行い、研削仕上げを実施する。



回転軸A 語群に0.1235がないとき、たとえば0.1350でもOK(加工許容量範囲はOK)

回転軸B 語群に0.2185がないとき、たとえば0.2310でもOK(めっき許容量範囲はOK)

Check Point!

実技試験での機械加工の目安は、断言はできないが、下表を正答としているように推察される。

加工の目安	加工法
20 μm 以下	ペーパー研磨
20 μm ～ 0.5mm	研削盤加工
0.5mm 以上	旋盤加工

Handwritten notes: -0.02, <0.5

肉盛りの目安	加工法
0.01 ～ 0.3mm 以下	めっき仕上げ
0.3mm を超えるもの	溶射・肉盛り加工

Handwritten note: 0.3 mm

ただ、この表が一人歩きしてしまうと、実際の現場で判断を誤ってしまう可能性が否めない。あくまで、試験対策としての参考資料だと理解していただきたい。

7 軸受等に関する問題

7・1 軸受の取付け

ころがり軸受は、負荷する荷重の方向によってラジアル軸受とスラスト軸受に、そして転動体の種類によって玉軸受ところ軸受とに分けられる。

一般に軸受は軸の両側に配置し、1本の軸は2カ所または2カ所相当の軸受で支えられている。このうち1カ所を固定側軸受として軸をハウジングに対して固定(位置決め)し、他の1カ所以上の軸受を自由側軸受として軸が軸方向に自由に動くようにするのが一般的である。また軸方向に荷重が作用する構造のものには、スラスト力を受けるタイプの軸受を取り付ける必要がある。

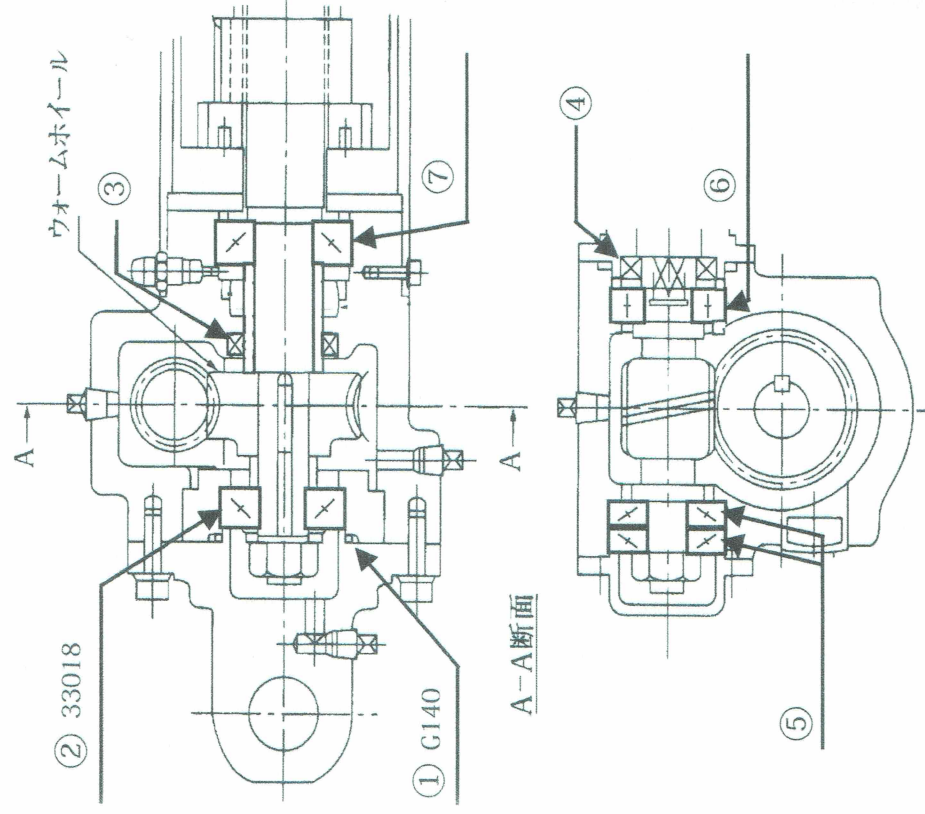
7・2 実技試験問題と解説

提示された装置の組立図について、それに取り付ける軸受やシールを選択する課題が出題される。

(1) 問題

〈ウォーム減速機の組立図〉につき、①～④の名称、⑤～⑦の軸受概要と呼び番号、それぞれの部品の断面図として、もともとも適切なものを、〈部品名称〉、〈軸受概要〉、〈呼び番号〉、〈断面図〉の中からそれぞれ1つ選び、その記号を解答欄にマークしなさい。ただし、記号を重複して使用してよいものとする。

〈ウォーム減速機の組立図〉



<部品名称>

- | | | |
|---------------|------------|-----------------|
| イ.円すいころ軸受 | ホ.針状ころ軸受 | リ.深みぞ玉軸受(開放形) |
| ロ.円筒ころ軸受 | ヘ.Ｏリング | ヌ.オイルシール |
| ハ.自動調心玉軸受 | ト.スラスト玉軸受 | ル.組合わせアンギュラ玉軸受 |
| ニ.組合わせ円すいころ軸受 | チ.アンギュラ玉軸受 | ヲ.深みぞ玉軸受(両シールド) |

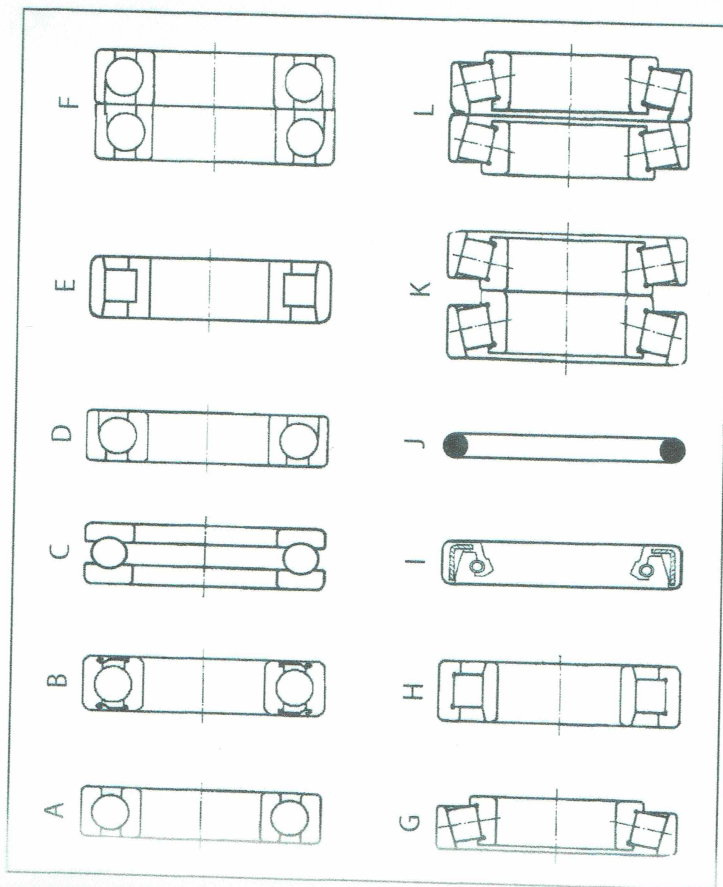
<軸受概要>

- ① 接触角 17°の仕様となっている。 内径φ 110
- ② ラジアル荷重は受けれるが、アキシャル荷重を負荷できない。 内径φ 50
- ③ 正面組合わせである。 内径φ 50
- ④ 高速回転に適する。 内径φ 90
- ⑤ 片シールドタイプである
- ⑥ 背面組合わせである。 内径φ 50

<呼び番号>

- | | |
|-----------|-----------|
| 1. 6209 | 6. N210 |
| 2. 6312ZZ | 7. 30210 |
| 3. 30222 | 8. NU212 |
| 4. 7008A | 9. 51310 |
| 5. 7112B | 10. 6311Z |

<断面図>



実際の実技試験では、断面図ではなく断面写真で出題されている(39および314ページ参照)

解 答 欄

図面番号	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
部品名称							
軸受概要							
呼び番号							
断面図							

実際の実技試験では、マークシート方式となっている

(2) 解答

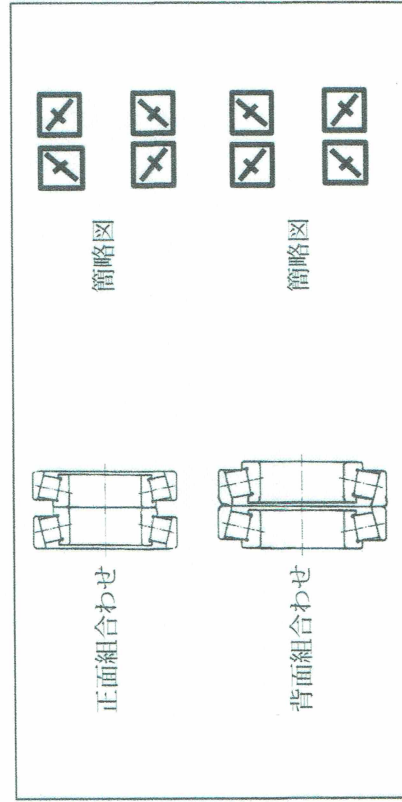
解 答 欄							
図面番号	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
部品名称	へ	イ	ヌ	ヌ			
軸受概要					③	②	①
呼び番号					7	6	3
断面図	J	G	I	I	K	E	G

(3) 解説

問題の図面は、ウォーム伝動装置である。ウォームホイール軸の先端がスクリューとなっており、それにはめ合っているナットが左右に動き作業をしている。したがってナットには大きなスラスト荷重が作用しており、ウォームホイール軸はそのスラスト力に耐えうる軸受で保持しなければならぬ。

スラストを受ける軸受の主なものは、スラスト軸受や円すいころ軸受などがありよく使われている。この図面②では、呼び番号の最初の数字が「3」なので、②は円すいころ軸受である。⑤の軸受の組合わせは正面組合わせとなっている。

<正面組合わせと背面組合わせの識別方法>



44ページを参照してほしい。簡略図の斜めの長い線は中心線ではなく、転送面の傾きの方向を表している。Brq番号で表示しているのではなく、転送面傾き方向の組合わせ方で区別している。Brqを外輪で抱きかかえているのが「正面組合わせ」である。

⑥の軸受は深溝玉軸受か円筒ころ軸受である。高速回転に適するという内径Φ90は呼び番号の末尾は $90/5 = 18$ であり〈呼び番号〉欄に末尾18の番号はない。Φ50の末尾は10 ($50/5 = 10$) であり、円筒ころ軸受N210となる。アキシヤル荷重は負荷できない。

円すいころ軸受は10数度の接触角があり、スラストを受けることができる。

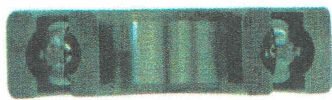
オイルシールは図で表示されることが多く、この場合、回転軸用シールとして、オイルシールが使用されている。また①のG140は静止用ガスケットで、内径140mmのOリングである。

39および314ページの軸受写真と名称、断面図との整合がとれるように学習しておくことが必要である。

深みぞ玉軸受の「シールド付」「シールドなし」の出題もされている。315ページの呼び番号と軸受種類も学習しておくこと。

なお、軸受番号7310はアンギュラ玉軸受であるが、末尾にA・Bの記号が付くことがある。これは接触角記号でAは接触角 30° 、Bは 40° を表す。一般的に接触角記号Aは省略する。

深みぞ玉軸受
(シールドなし)



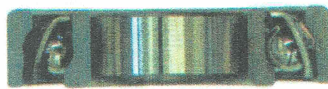
オイルシール



深みぞ玉軸受
(シールド付き)



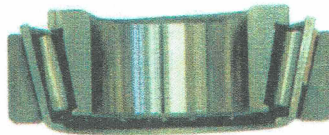
アンギュラ玉軸受



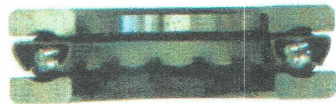
円筒ころ軸受
(NU型)



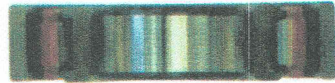
円すいころ軸受



スラスト玉軸受














円筒ころ軸受
(N型)



Oリング



<ころがり軸受の呼び番号の例>

深みぞ玉軸受	 6310 開放形	 片シールド 6310Z	 両シールド 6310ZZ	アンギュラ玉軸受	 7310
				円すいころ軸受	 33210
				自動調心玉軸受	 1310 (軽荷重) 2310 (中荷重)
円筒ころ軸受	NU210	N210	円筒ころ軸受	自動調心ころ軸受	 22310
				針状ころ軸受	 NA4910  RNA4910
				平面座スラスト玉軸受	 51310  52310



ころがり軸受は + のような略図で示されることが多い。+ はころがり軸受全般の簡略図である。また軸受ごとの簡略図は44～45ページの図1・4を参照されたい。問題には軸受の呼び番号が記されているので、これを頼りに回答できるが、軸受ごとの簡略図を理解していれば、たとえばメのような記号であればスラスト荷重を受けることができる軸受であることがわかる。

これまで出題された図では軸受の呼び番号が記入されているので、上の例を把握しておくとう便利である。

現場での保全作業にあたっては、種々の組立図を使用して実施している。どこにどのような部品が設置されているか、日頃から図面を見ておくとうい。

8・1 火花試験に関する問題

8・1・1 火花試験法と材料の判定

鋼材をグラインダーにかけると、研削された鋼の火花が出る。このとき発生する火花の形状や色が微妙に異なる。火花の流線例えば、色、明るさ、長さ、太さ、数であり、火花の破裂例えば、形、大きさ、数、花粉である。

これは鋼材に含まれる元素の種類や含有量を判断するもので、JIS G 0566にその試験法が規定されている。

8・1・2 実技試験問題と解説

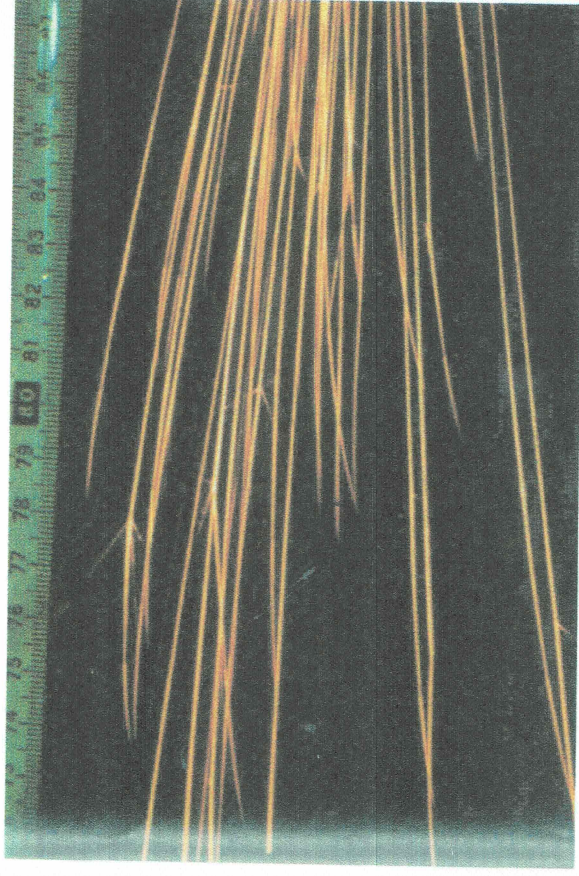
提示された鋼材の火花試験の写真について、それに合致する適切な材質を選択する課題が出題される。なお、本課題はこれまで2級では出題されていない。

(1) 問題

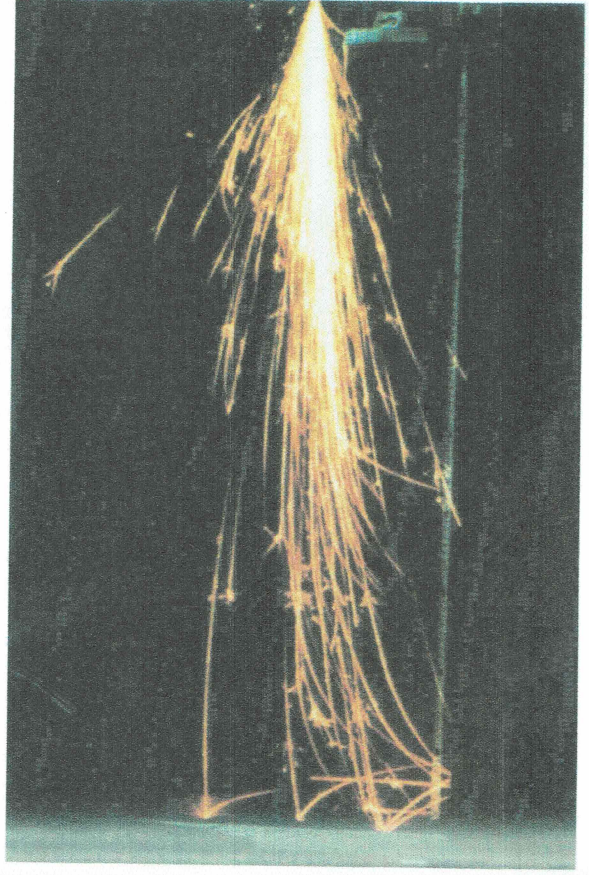
不具合部分の材質などを簡単にチェックできる試験法として、火花試験法がある。提示された写真No.1、No.2、No.3、No.4および火花の形や火花特性表は、火花試験のものである。

＜火花試験写真＞の写真No.2の2枚の写真に合致する、もっとも適切な材質およびその炭素量(C%)をA群およびB群の中から1つ選び、その記号を解答欄にマークしなさい。ただし、同一記号を重複してもよい。

【写真 No.1】



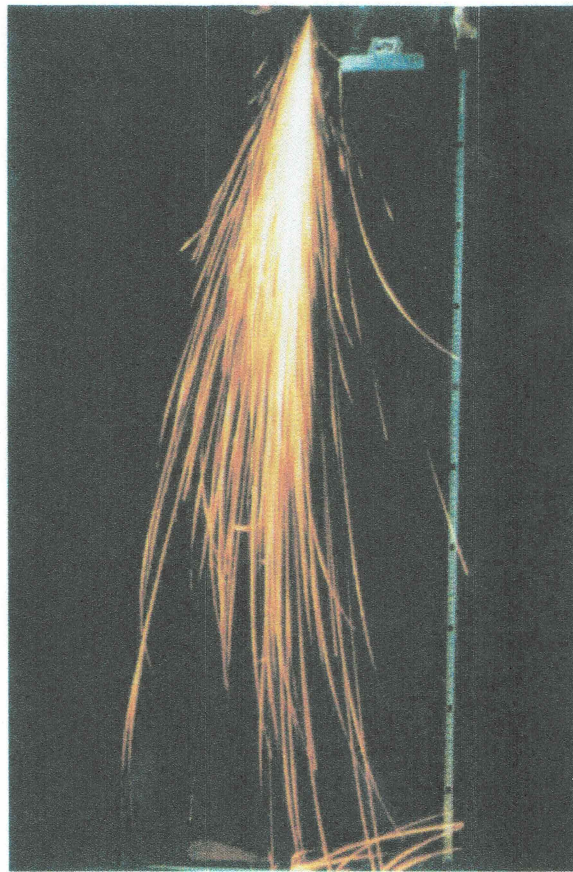
【写真 No.2】



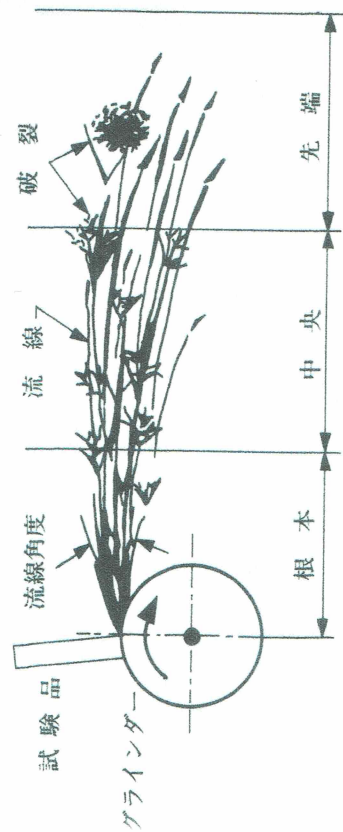
【写真 No.3】



【写真 No.4】



【火花の形および名称】



【炭素鋼の火花特性表】

C%	流線				破裂				手ごたえ
	色	明るさ	長さ	太さ	数	形	大きさ	数	花 粉
0.05	だいだいい色	暗い	長い	太い	少ない	破裂なし (とげは認められる)	小さい	少ない	なし
未満						2本破裂			なし
0.05						3本破裂			なし
0.1						数本破裂			なし
0.15						3本破裂			なし
0.2						2段吹き			つき始め
0.3						数本破裂			あ り
0.4						2段吹き			
0.5		明るい	長い	太い		3段吹き	大きい		
0.6									
0.7									
0.8									
0.8を超える	赤色	暗い	短い	細い	多い	複雑	小さい	多い	多い
									硬い

【A群 (材質)】

- イ. SUS304
ロ. S50C
ハ. 純鉄
ニ. 白鉄

【B群 (炭素量：C%)】

- a. 2.95
b. 0.5
c. 0.07
d. 0.01

解 答 欄		
写 真	A 群	B 群
No.1		
No.2		

(2)解 答

解 答 欄		
写 真	A 群	B 群
No.1	イ. SUS304	c. 0.07
No.2	ロ. S50C	b. 0.5

(3)解 説

① 写真No.1

SUS 304 の火花試験である。

炭素量を表すB群において、a.の炭素含有量2.95%は炭素が多いため鋼ではなく白鉄である。火花は【写真No.3】となる。

d.の炭素含有量0.01%は非常に炭素が少なく純鉄である。火花は【写真No.4】となる。

b.の0.5%はS50Cの炭素含有量である。したがって、B群内残りの炭素含有量0.07%はSUS 304であることがわかる。

破裂の数は炭素含有量が増加するにしたがって多くなる。【写真No.3】は炭素含有量2.95%のものであり、炭素が多く破裂の数が多い。

② 写真No.2

S50Cの火花試験である。S50Cは炭素の含有量が0.5%である。炭素

鋼の火花特性は、炭素含有量0.5%では流線の明さ・長さ・太さと、破裂の大きさがもっとも大きくなる。これより炭素含有量が少なくても多くても小さくなる傾向となる。

Check Point!

本課題は毎年出題されるわけではなく、頻度は少ないが、提示さ

れる概要に掲載されている限り出題の可能性はある。実際の火花試験による材質の判定は相応の経験が必要で容易ではないが、例題をもとに炭素量と火花特性を整理しておきたい。

ポイントとなるのは、S50Cである。炭素含有量0.5%のものが、写真でも判別しやすい。また選択肢には材質名と炭素量が別個に提示されるので、材質の炭素量を理解しておく、解答時に役立つ。

8・2 部品の表面粗さに関する問題

この問題は、切削加工品が提示され、表面粗さ標準片を使って粗さを判定する。紙面では現物を提示できないため、解答をあらかじめ想定した問題となっている。出題頻度は少ないが、目を通してもらいたい。

8・2・1 実技試験問題と解説

(1) 問題

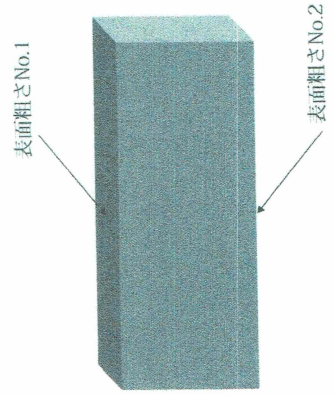
提示された部品の表面粗さ No.1 および No.2 について各設問に答えなさい。

● 設問 1

＜切削加工品の現物＞の加工面の表面粗さ No.1 および表面粗さ No.2 を比較用表面粗さ標準片を用いて判定し、もっとも近い標準片の R_z の数字を解答欄にマークしなさい。なお、判定については、手で触ってもよいものとするが、鉛筆などを用いて切削加工面にきずなどを付けないように注意すること。

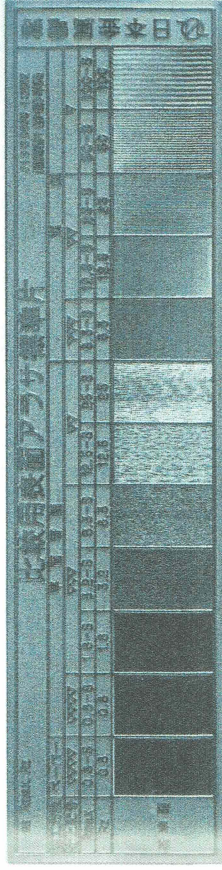
(この問題は、切削加工品の現物と表面粗さ標準片が必要である)

＜切削加工品の現物＞



※過去に出題された問題は、「粗さ番号」を答えさせるものだったが、本書集問題では JIS B 0659-1:2002 付属書 1 (参考) 準拠の標準片を使用したため、最大高さ R_z の数字を答えさせるものに修正した。なお、2001 年の JIS 規格の改正で最大高さ R_y が高さ方向の幅であることから、最大高さ R_z に変更された。

【表面粗さ標準片を提示】

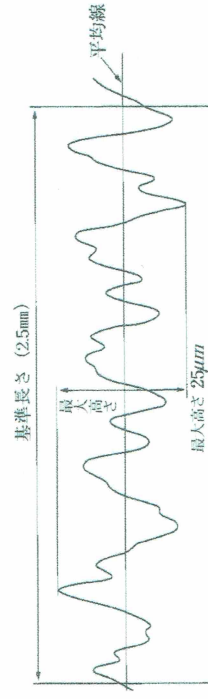


● 設問 2

＜表面粗さの測定記録＞は、提示された切削加工面の表面粗さ No.1 を測定した波形である。この波形グラフは正しいか、正しくないかを選び、その記号を解答欄にマークしなさい。

イ. 正しい ロ. 正しくない

＜表面粗さの測定記録＞



解 答 欄		
設問 1	No.1	No.2
設問 2		

(2) 解答

解 答 欄		
設問 1	No.1	No.2
	25	6.3
設問 2	イ. 正しい	

(3) 解説

● 設問 1

提示された切削加工面の表面粗さ No.1 および表面粗さ No.2 を、比較用表面粗さ標準片を用いて判定する。もともと近い標準片の粗さを記入する問題なので、切削加工面と表面粗さ標準片の両方を交互に触って、切削加工面のざらざら感と同じ標準片の R_z の数字を判定する。

● 設問 2

表面粗さ測定記録波形は、ピックアップの先端に触針が付いている触針式表面粗さ測定機で測定し記録したものである。加工物表面を触針でなぞって測定し、その凸凹を拡大して表示する。

最大高さ (R_z) とは、抜き取り部分の平均線から最も高い山頂までの高さで、最も低い谷底までの深さとの和である。

さて、想定した設問 1 の解答から、No.1 の R_z の値は 25 であり、この波形グラフの最大高さが $25 \mu\text{m}$ であることから、提示された切削加工面の表面粗さ No.1 を測定したものである。

Check Point/

加工品と粗さ標準片を比較して粗さを触覚で判定するとき、指の腹で触るよりも、つま先でこする方が感度が良い。JIS 規格のように凸凹の最大の高さを規定する場合は、非常に粗い面を除いては触覚による方法が正確である (面の光沢が問題となる場合は、視覚で判定する)。

視覚、触覚で識別できる粗さの程度は、一般的に 0.85 くらいである。出題例は訓練で十分判定できる粗さである。

出題率は低いですが、表面粗さや表面粗さ波形について理解しておくこと。表面粗さ標準片に触って、現物の粗さを見分けられるようにしておくこと。

9 油圧回路図に関する問題

9・1 油圧装置の特徴

油圧装置は「小型で強力」の特徴を活かして、重量物の移動に多く用いられているが、いったん故障を起こすと、バイパス装置が付属していない限り重量物の移動は困難である。そのため、設備やライン全体の停止となり、生産性の低下につながるやすい。

このような理由から、油圧装置は本来故障ゼロでなければならないが、現実には故障が発生している。トラブルが発生した場合には、故障修復時間短縮に向けて手順よく対策を打たなければならない。そこで、油圧の 5 要素 (油圧タンク、油圧ポンプ、油圧バルブ、アクチュエーター、アクセサリ) について、油圧機器の作動原理、構造とその取扱い、またこれらを構成している回路の特徴とトラブル時の調査系統を理解しておこう。

9・2 実技試験問題と解説 (油圧)

提示された油圧回路図の機器記号について、提示されている機器名称を語群から選び、この油圧回路でトラブルが発生している現象について、その原因を推定し、その対策処置についての課題が出題される。

(1) 問題 1

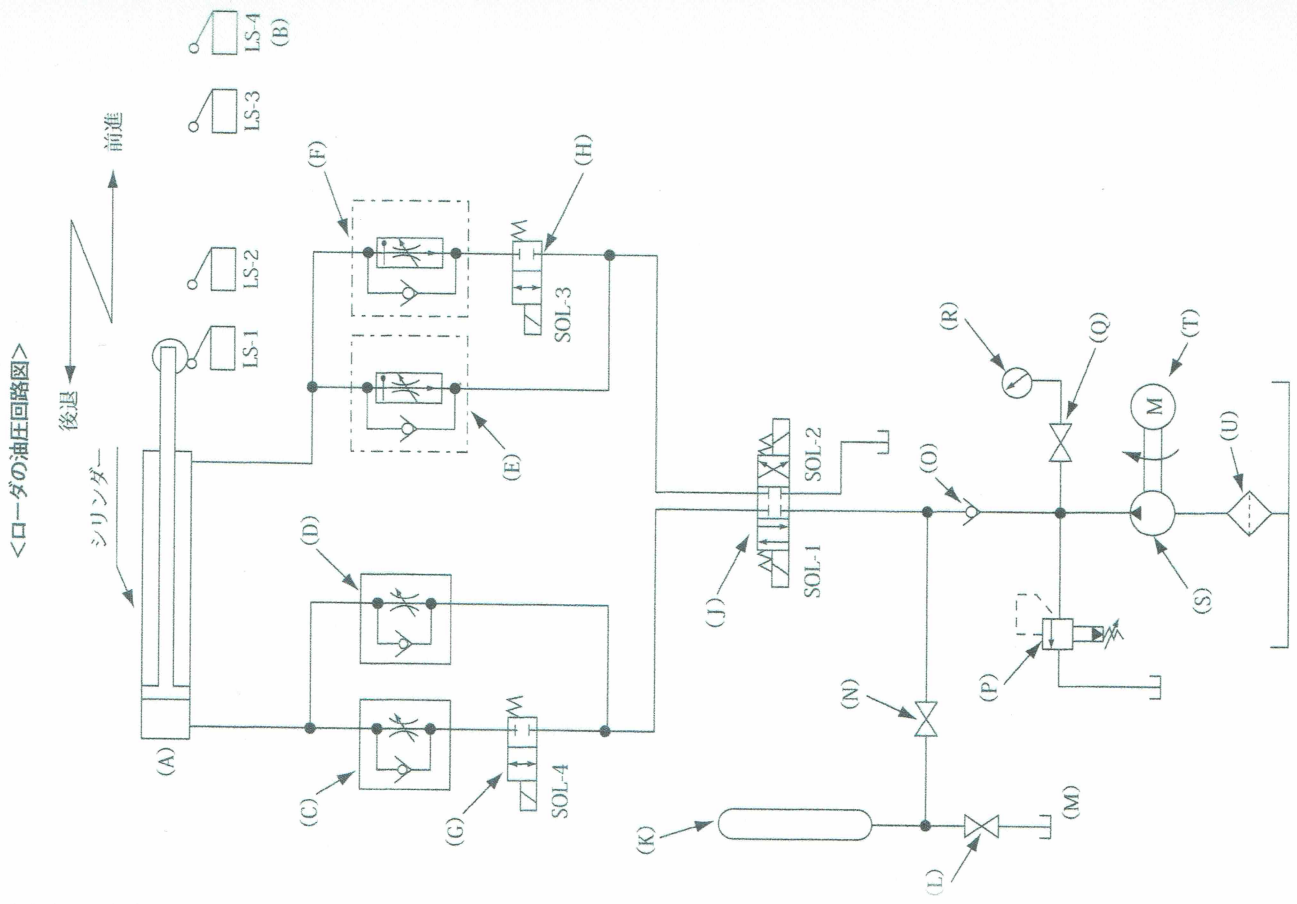
提示されたローダの油圧回路図、油圧回路の動作チャートおよび油圧機器断面図について、各設問に答えなさい。

● 設問 1

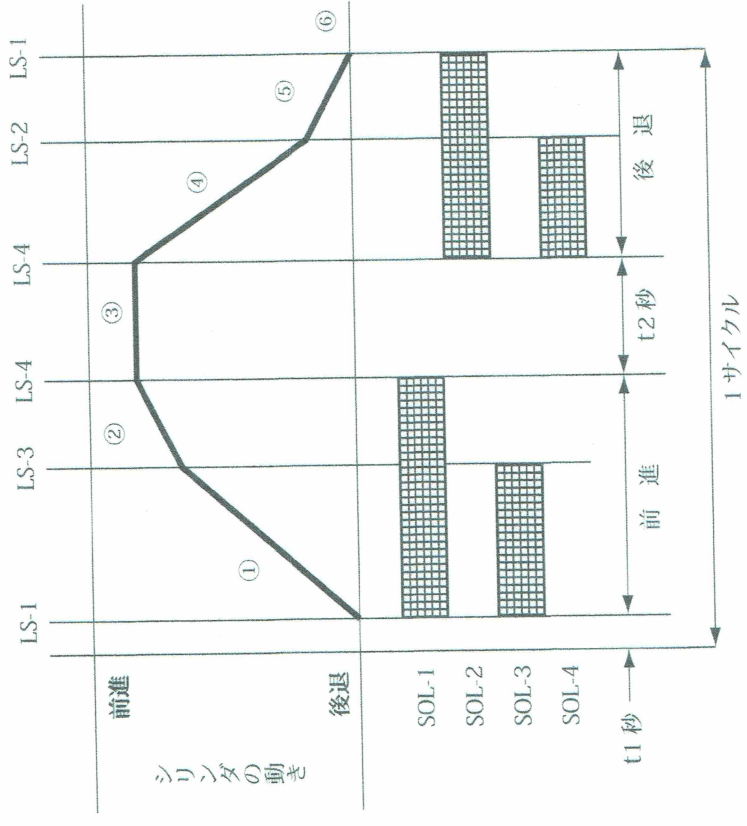
<ローダの油圧回路図> (E) (G) (P) の油圧機器の名称、断面図として、もっとも適切なものを<名称>、<断面図>の中からそれぞれ1つ選び、その記号または番号を解答欄にマークしなさい。

<名 称>

イ. 定容量形油圧ポンプ	チ. パイロット作動形リリーフ弁
ロ. 可変絞り弁	リ. チェック弁
ハ. 止め弁	ヌ. アキュムレータ
ニ. 一方向絞り弁	ル. 電磁切換え弁
ホ. 逆止弁付き流量調整弁	ヲ. サーボ弁
ヘ. 可変容量形油圧ポンプ	ワ. 直動形リリーフ弁
ト. パイロット作動形減圧弁	カ. 直動形アンロード弁



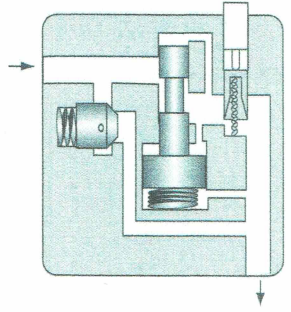
<ローダのフローチャート図>



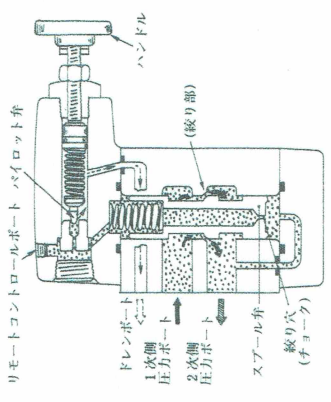
動作開始からのシリンダの動き

- ① 高速前進
- ② 低速前進
- ③ 一時停止
- ④ 高速後退
- ⑤ 低速後退
- ⑥ 停止

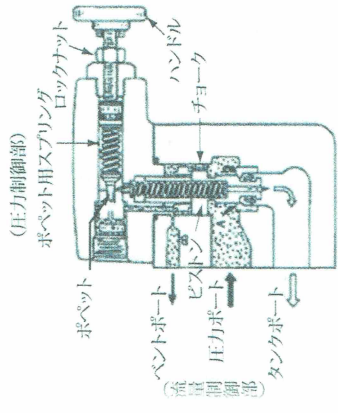
【油圧機器断面図：イ】



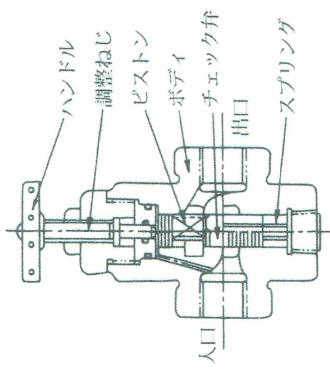
【油圧機器断面図：ロ】



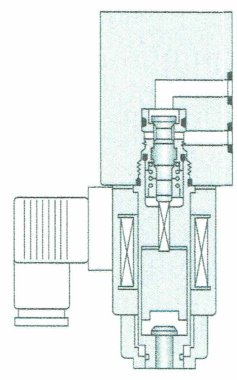
【油圧機器断面図：ハ】



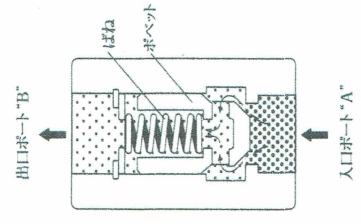
【油圧機器断面図：ニ】



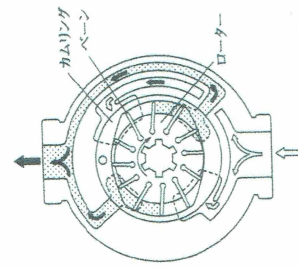
【油圧機器断面図：ホ】



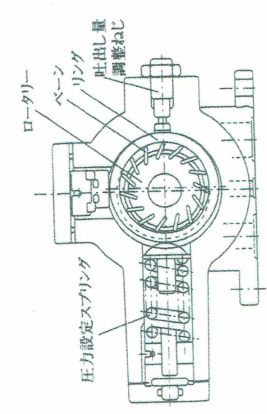
【油圧機器断面図：ヘ】



【油圧機器断面図：ト】



【油圧機器断面図：チ】



● 設問2

＜ローダの油圧回路図＞において、「トラブル1～3」が発生した。
＜ローダのフローチャート図＞を参考にして、原因を調査するための項目として、もっとも適切なものを「トラブル1」、「トラブル2」、「トラブル3」のA～Cからそれぞれ1つ選び、その記号を解答欄にマークしなさい。

① トラブル1…シリンダが高速前進しない

原因調査グループ	調査項目
A	<ul style="list-style-type: none">・ (K) は機能しているか・ SOL-4は動作しているか・ SOL-1は動作しているか
B	<ul style="list-style-type: none">・ (K) は機能しているか・ (R) は上昇しているか・ SOL-3は動作しているか
C	<ul style="list-style-type: none">・ SOL-3は動作しているか・ (P) の設定圧力は低すぎないか・ (D) を絞りすぎていないか

② トラブル2…運転を始めようと電源を入れ、暖気運転中、油圧ゲージ(R)を点検したところ十分上昇していなかった

原因調査グループ	調査項目
A	<ul style="list-style-type: none">・ (L) の閉め忘れはないか・ (P) の設定圧力は低すぎないか・ 油面が低下していないか
B	<ul style="list-style-type: none">・ (P) の設定圧力は低すぎないか・ (K) は機能しているか・ (U) の目詰まりはないか
C	<ul style="list-style-type: none">・ (L) の閉め忘れはないか・ (U) の目詰まりはないか・ (N) を締め切った状態ではないか

③ トラブル3…シリンダは高速前進するが、前進減速しない。または減速程度が低い

原因調査グループ	調査項目
A	<ul style="list-style-type: none">・ (H) のスプールが固着していないか・ (J) の弁は切り替わっているか・ (D) にゴミ詰まりはないか
B	<ul style="list-style-type: none">・ LS-3は正常か・ (D) にゴミ詰まりはないか・ (L) の締め忘れはないか
C	<ul style="list-style-type: none">・ (H) のスプールが固着していないか・ LS-3は正常か・ (E) の絞りは正常か

解 答 欄				
設問1		設問2		
機器記号	機器名称	断面図	トラブル1	トラブル2
(E)				トラブル3
(G)				
(P)				

(2)問 題2

＜テーパー油圧回路図＞に示した①、②、③の機器の名称、機器の機能、油圧用図記号(JIS)として、もっとも適切なものを＜名称＞、＜機能＞、＜油

圧用図記号〉の中からそれぞれ1つ選び、その記号を解答欄にマークしなさい。

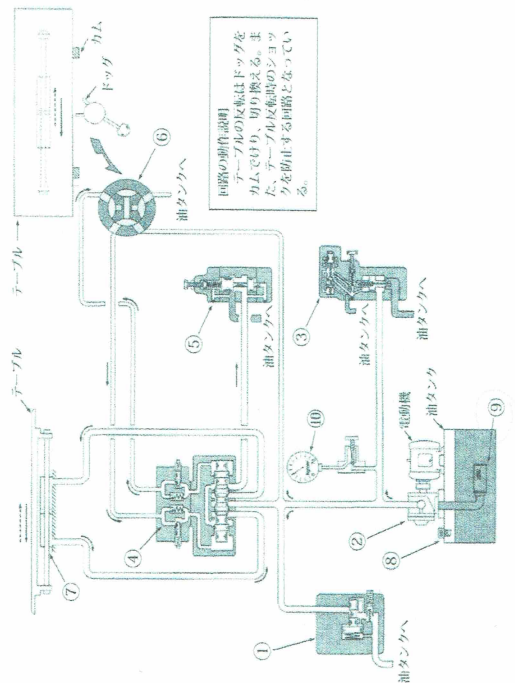
<名 称>

- | | |
|-------------------------|------------------|
| イ. 両ロッド油圧シリンダー | ヘ. 電磁切換え弁付きリリーフ弁 |
| ロ. パイロット操作切換え弁 | ト. 定容量形ベーンポンプ |
| ハ. 機械操作切換え弁(ロータリー形切換え弁) | チ. 止め弁 |
| ニ. 流量調整弁(圧力補償付き流量調整弁) | リ. 圧力計 |
| ホ. カウンタバランス弁 | ヌ. サクシヨンストレナー |

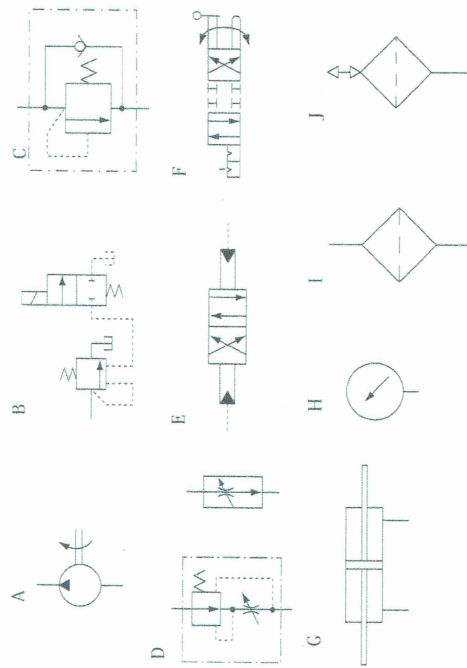
<機 能>

- イ. 回路の最高使用圧力の設定と電気信号により、ポンプを無負荷運転にする
- ロ. 圧油をタンクへ戻す油量調整により、シリンダースピードを設定する
- ハ. 圧力エネルギーを機械エネルギーに変換する。室内に油圧を交互にかけ、往復動作を得る
- ニ. シリンダーの戻り側に背圧をかけ、制御速度以上の早さで動作するのを防止する
- ホ. 給油口とエレメントの組合わせで、タンク内の空気の入りと粉塵などの除去を行う
- ヘ. 機械的方法によりアクチュエータの運動方向を切り換える
- ト. パイロット圧力によりスプールの操作され、作動油の流れの方向を切り換える
- チ. 機械的動力を作動油の流れと圧力に変換し、圧油として油圧回路へ供給する
- リ. 回路内圧力の表示を行う
- ヌ. 作動油に混入している固形粒子やゴミを除去し、回路内に持ち込まない
- ル. 圧力変動を遮断し、圧力計の保護を行う

<テーパー油圧回路図>



<油圧用図記号>



解 答 欄		
機器番号	機器名称	機能
①		油圧用図記号
②		
③		

(3) 解 答
問 題 1

解 答 欄				
設問1			設問2	
機器記号	機器名称	断面図	トラブル1	トラブル2
(E)	ホ. 逆止弁付き流量調整弁	イ		トラブル3
(G)	ル. 電磁切換え弁	ホ	B	A
(P)	チ. パイロット作動形リリーフ弁	ハ		C

問 題 2

解 答 欄		
機器番号	機器名称	機 能
①	二. 流量調整弁 (圧力補償付き)	ロ. 圧油をタンクへ戻す油量調整により、シリンダースピードを設定する
②	ト. 定容量形ベーンポンプ	チ. 機械的動力を作動油の流れと圧力に変換し、圧油として油圧回路へ供給する
③	ハ. 電磁切換え弁付きリリーフ弁	イ. 回路の最高使用圧力の設定と電気信号により、ポンプを無負荷運転にする

(4) 解 説

問 題 1

● 設問 1

パイロット作動形リリーフ弁(回路図内の記号 P)

油圧回路内の圧力が弁の設定圧に達すると、弁が開いて圧油を戻り側に逃がし油圧回路を一定圧力に保つ。異常圧力を防止し、装置を保護する役目を果たす弁である。

また、この弁は回路内の余剰油を逃がすバランスピストン部(流量制御部)と、その作動を制御して圧力を調整するパイロット部(圧力制御部)から成り立っている。

一方向絞り弁(回路図内の記号 C、D)

一方向のみ流量が絞られる。絞り部面積を一定にしても、絞り部前後の圧力差の変動によって流量が変わるので、比較的ラフな速度制御用として使用される。

逆止弁付き流量調整弁 [温度補償付き] (回路図内の記号 E、F)

圧力補償ピストンを内蔵しており、絞り前後の圧力の差圧一定形減圧弁として働くので、弁入口や出口の圧力が変化しても、絞りの通過流量は常に一定となる。簡略記号の流路の矢印は、圧力の補償を表す。

定容量形油圧ポンプ(回路図内の記号 S)

1 回転当たりの吐出し量が変わらないポンプを定容量形ポンプ、変えられるポンプを可変容量形ポンプという。

電磁切換え弁(回路図内の記号 G、H、J)

切換え弁スプールの作動を電磁石(ソレノイド)によって行い、油の流れの方向を切り換えるための弁である。G、Hは2ポート電磁切換え弁(2位置)であり、Jは4ポート電磁切換え弁(3位置)である。

● 設問 2

① トラブル1…シリンダが高速前進しない

油圧回路の動作チャートを見ると、①の高速前進の条件は、ソレノイド SOL-1 と SOL-3 およびリミットスイッチ LS-1 が動作をしていることである。

そして正規の圧力が立っていることが必要である。したがって、原因

を調査する項目として、アキュムレーター(K)の蓄圧は機能しているか、圧力計(R)の針は上昇しているか、電磁切換弁のソレノイドSOL-3は動作しているかを調査する。

② **トラブル2…運転を始めようと電源を入れ、暖気運転中、油圧ゲージ(R)を点検したところ十分上昇していなかった**

圧力が上昇するためには、まず油がタンクに入っており、ポンプに昇圧する能力があること、そしてリリーフ弁で適正な圧力に設定されていること、タンクバックする(L)のバルブは閉止されていることが必要であり、それらの機器の調査をする。

③ **トラブル3…シリンダは高速前進するが、前進減速しない。または減速程度が低い**

油圧回路の動作チャートを見ると、②の低速前進の条件は、ソレノイドSOL-1とリミットスイッチLS-3が動作していることである。

リミットスイッチLS-3の異常がないか、電磁切換弁(H)のスプールの固着はないか、逆止弁付き流量調整弁の絞りは正常かを調査する。

問題2

以下の機器についても学習しておきたい。

両ロッド油圧シリンダ (機器番号：⑦)

流体エネルギー(流量、圧力)を直線往復運動に変換して仕事動作を行う。

パイロット操作切換え弁 (機器番号：④)

外部からのパイロット圧力でメインスプールを切り換えて、油圧の流れ方向を制御する。

カウンタバランス弁 (機器番号：⑤)

シリンダ動作に背圧をかけて動作を安定させ、リリーフ弁(ブレーキ動作)と同じ働きをする。

機械操作切換え弁(ロータリー形切換え弁) (機器番号：⑥)

機械的運動を利用して、内部スプールを切り換えて方向を制御する。

エアブリーザ (機器番号：⑧)

給油口とエレメントの組合わせで、タンク内の空気の入りを可能と

し、かつ粉塵などの侵入を防ぐ。

Check
Point!

油圧回路図、油圧図記号、機器名称、機能、断面図などを理解し

ていないと、解答がむずかしい。1級ではトラブルの調査についても

問われるので、よく整理しておきたい。

とくに、油圧/バルブは種類が多いので、自分なりに覚えやすいように名称・機能、図記号、断面図を整理して、繰り返し学習が必要である。

10 空気圧回路図に関する問題

10・1 空圧装置の特徴

加工組立を行う工場では空気圧配管が張りめぐられ、容易に移動・制御・洗浄などに利用されている。このような空気圧装置は、安価なため入手が容易で利用しやすく、油圧機器に比べれば出力や制御性は劣るが、空気を利用しているため保守管理が容易で、環境汚染や火災の心配が少なくないなど利用範囲が広い利点をもっている。したがって、よく出題されている。

10・2 実技試験問題と解説(空圧)

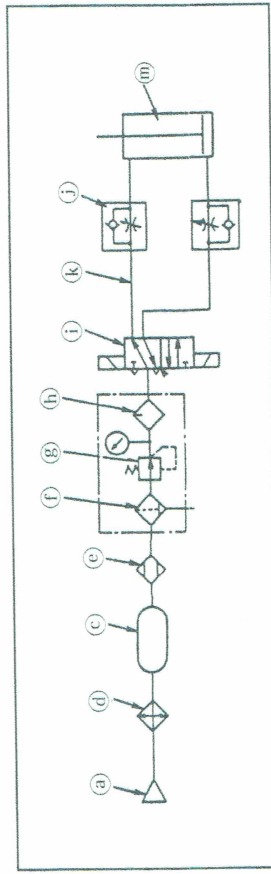
提示された空気圧回路図1の機器記号について機器名称を選択する。この提示された空気圧回路で、トラブルが発生している現象についてその原因を推定する。また、整備を実施した後の不具合の現象について、その原因を考える課題がよく出題される。

(1) 問題1

● 設問1

<空気圧回路図1>(g)、(h)、(j)の機器の名称、構造図として、もっとも適切なものを<名称>、<構造図>の中からそれぞれ1つ選び、その記号または番号を解答欄にマークしなさい。

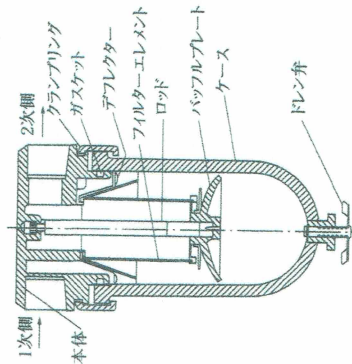
<空気圧回路図1>



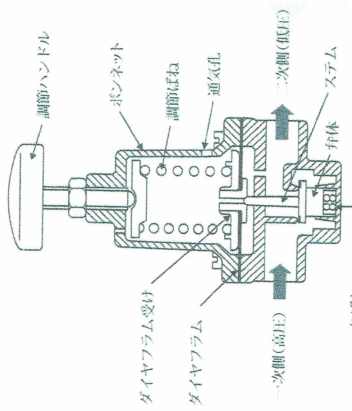
<名称>

- | | |
|-----------------|------------------|
| イ. 空気圧源 | チ. 配管(たわみ配管、ホース) |
| ロ. ルブリケーター | リ. フィルター |
| ハ. 空気タンク | ス. シリンダー |
| ニ. 方向制御弁 | ル. 減圧弁(圧力制御弁) |
| ホ. アフタークーラー | ヲ. 空気圧モーター |
| ヘ. 速度制御弁(流量制御弁) | ワ. 消音器 |
| ト. エアドライヤー | カ. ドレン分離器 |

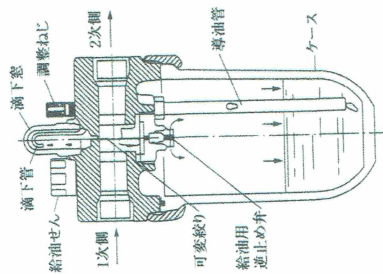
<機器構造図 ①>



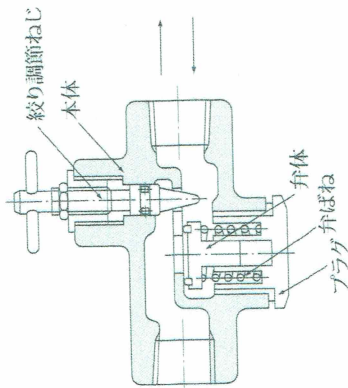
<機器構造図 ②>



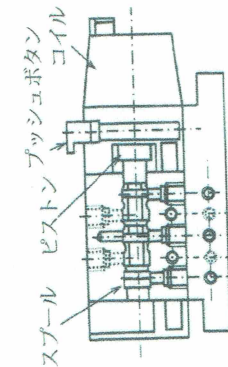
<機器構造図 ③>



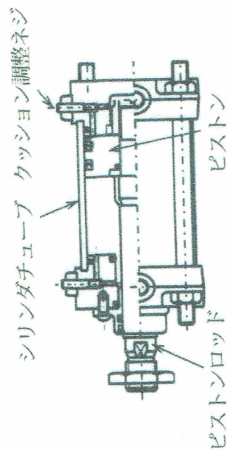
<機器構造図 ④>



<機器構造図 ⑤>



<機器構造図 ⑥>



● 設問 2

<空気圧回路図 1>⑦の機器について<トラブル判定表>で提示された原因調査結果を前提とした場合、各トラブルの主な原因とその対策として、もっとも適切なものを<原因>、<対策>の中からそれぞれ1つ選び、その記号を解答欄にマークしなさい。

設問 1 解 答 欄		
機器記号	名 称	構造図
g		
h		
i		

<トラブル判定表>
原因調査結果

- 機器⑥以外の各機器、配管からのリークはなかった
- 機器⑥以外の各機器の故障はなかった
- 操作回路などの電気的な問題はなかった

設問 2		解 答 欄	
トラブル		主な原因	対 策
1	機器①より多量のドレンが出る		
2	ケース縮付部から空気が漏れる		
3	アクチュエータ作動時、機器⑥の圧力が徐々に低下し、流量が減少する		

<原 因>

- ア. クランプリング締付け不良、Oリングのきずまたはケースのひび割れ
- イ. フィルタエレメントの詰まり
- ウ. ドレンがオーバーフローしている
- エ. 流れ方向が逆に配管されている
- オ. リリーフ弁シート部への異物かみ込み
- カ. ルブリケーターの調整不良

<対 策>

- a. フィルタエレメント交換、または洗浄可能なものは洗浄する
- b. 締付け修正、分解清掃または部品交換
- c. 分解のうえ清掃し、異物除去
- d. ドレンの排出
- e. シリンダの点検
- f. ルブリケーターの調整をする

(2) 問題2

＜空気圧回路図2＞は、加熱炉扉の開閉装置の回路図を示している。この装置の扉の開閉は、複動シリンダ(複動型シリンダ)を用い、シリンダにチェック弁を接続してスプロケットを介して行う仕組み(仕掛け)になっている。この装置について、各設問に答えなさい。

＜装置仕様＞

- (1) 作動用電源は、電源用スイッチで投入する
- (2) 電源が入ると「電源投入」ランプWLが点灯する
- (3) 扉が開いている間は、「扉開放中」ランプL1が点灯する
- (4) リミットスイッチLS1は扉の下端位置の検出用、リミットスイッチLS2は「扉開放中」ランプ用のものである
- (5) エアの収縮はないものとする

● 設問1

【不具合事項1】が発生した場合、扉上昇時に観測される圧力の変化を＜圧力の変化＞の中から、扉で起こると予想される変化を＜扉の変化＞の中からそれぞれ1つ選び、その記号または番号を解答欄にマークしなさい。

● 設問2

整備後に運転を再開し【不具合事項2】が発生した場合、その発生現象の空気圧回路上の原因として考えられるものを＜原因＞の中から、＜シークエンス回路図＞、＜扉の下降時の状態＞を参考にして、点検すべき配線の組み合わせを＜点検の組み合わせ＞の中からそれぞれ1つ選び、その記号または番号を解答欄にマークしなさい。

● 設問3

【不具合事項3】が発生した場合、扉上昇時に観測される圧力の変化を＜圧力の変化＞の中から、扉で起こると予想される変化を＜扉の変化＞の中からそれぞれ1つ選び、その記号または番号を解答欄にマークしなさい。

【不具合事項1】…減圧弁の弁体保持の弁ばねが破損した

＜圧力の変化＞

	圧力計1	圧力計2
ア	上昇	上昇
イ	上昇	下降
ウ	下降	上昇
エ	下降	下降
オ	変化なし	上昇
カ	変化なし	下降
キ	変化なし	変化なし
ク	上昇	変化なし

＜扉の変化＞

	変化の内容
1	扉の上昇速度が速くなる
2	扉が動かない
3	扉の動きが逆転する
4	扉の上昇速度が遅くなる
5	シリンダから水漏れが発生
6	シリンダピストンが戻ったときに衝撃音が発生する
7	扉が急に落下する

【不具合事項2】…扉が下降しない

＜原因＞

ア	空気圧調整ユニット(3点セット)のエアフィルタ交換時のフィルタサイズを小さいものと交換した
イ	ドレンポット内のドレン抜きが不足した
ウ	速度制御弁2のニードルが詰まった
エ	速度制御弁1のニードルが詰まった
オ	シリンダと駆動用チェーンの固定ネジがゆるんだ

＜点検の組み合わせ＞

1	4-3'間と10-10'間
2	9-9'間と10-10'間
3	4-3'間と5-5'間
4	3-3'間と6-6'間
5	7-7'間と8-7'間

【不具合事項 3】…速度制御弁 (C) のニードルがゆるんだ

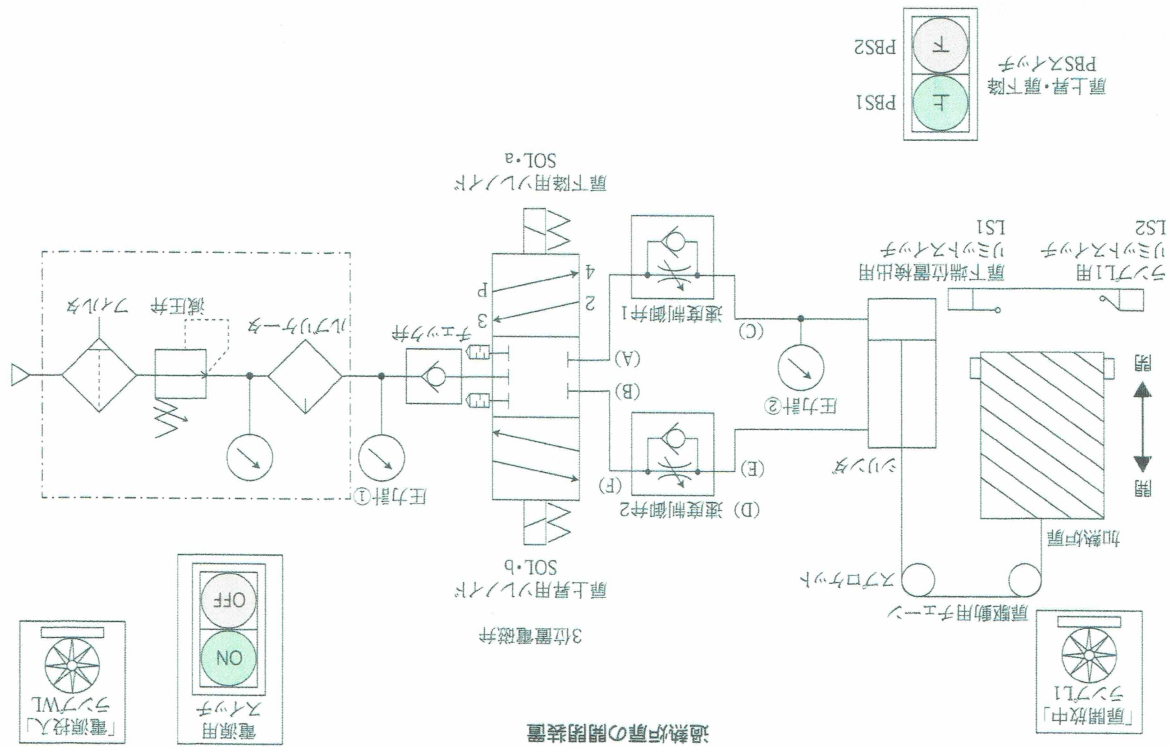
＜扉の変化＞

	変化の内容
1	扉の上昇速度が速くなる
2	扉が動かない
3	扉の動きが逆転する
4	扉の上昇速度が遅くなる
5	シリンダから水漏れが発生
6	シリンダピストンが戻ったときに衝撃音が発生する
7	扉が急に落下する

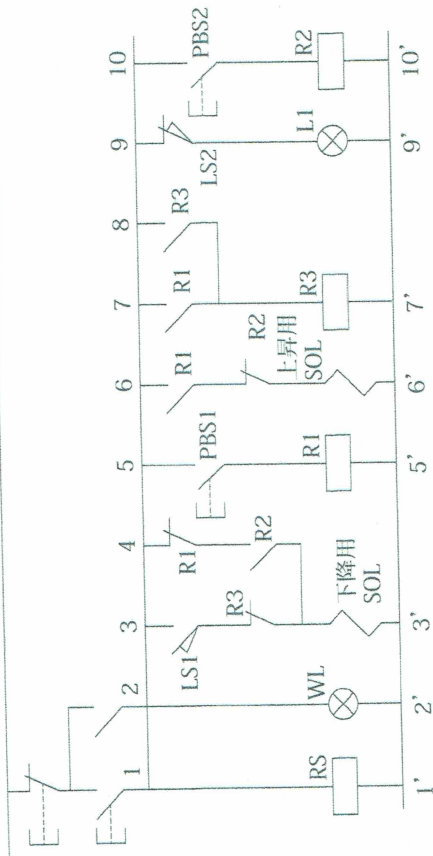
＜圧力の変化＞

	圧力計1	圧力計2
ア	上昇	上昇
イ	上昇	下降
ウ	下降	上昇
エ	下降	下降
オ	変化なし	上昇
カ	変化なし	下降
キ	変化なし	変化なし
ク	上昇	変化なし

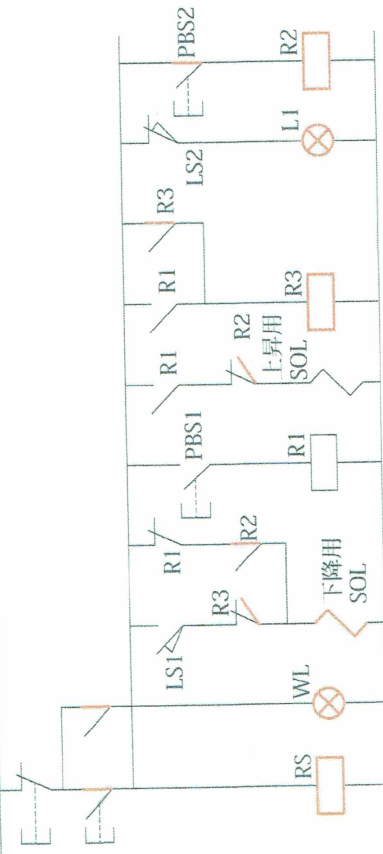
＜空気圧回路図 ②＞



<空気圧回路の配線図>



参考：扉下降時の状態



オレンジ色は作動状態を示す。

問題 2		解答欄
設問1	減圧弁の弁体保持の弁ばねが破損	圧力の変化 扉の変化
設問2	扉が下降しない	原因 点検の組合わせ
設問3	速度制御弁 (c) のニードルがゆるんだ	圧力の変化 扉の変化

(3)解答
問題1

解答欄		
設問1		
機器記号	名称	構造図
㉔	ル. 減圧弁 (圧力制御弁)	㉔
㉕	ロ. ルブリケーター	㉕
㉖	ハ. 速度制御弁 (流量制御弁)	㉖

設問2		解答欄
トラブル		主な原因
1	機器①より多量のドレンが出る	ウ. ドレンがオーバーフローしている
2	ケース締付け部から、空気が漏れる	ア. クランプリング締付け不良、Oリングのきずまたはケースのひび割れ
3	アクチュエータ作動時、機器⑥の圧力が徐々に下降し、流量が減少する	イ. フィルタエレメントの詰まり a. フィルタエレメント交換または洗浄可能なものは洗浄する

問題2

設問2		解答欄
設問1		圧力の変化 扉の変化
設問2	減圧弁の弁体保持の弁ばねが破損	原因 点検の組合わせ
設問3	扉が下降しない	圧力の変化 扉の変化

(4) 解説 問題1

● 設問1

⑨減圧弁

圧縮空気を減圧して、2次側の圧力が設定値になるように調整する弁である。

⑥ルブリケーター

アクチュエーターや制御弁は摺動部があり、これらに適量の潤滑油を供給するための潤滑機器である。

①速度制御弁(流量制御弁)

空気の流れる量を調整して、アクチュエーターの作動速度を制御するための弁である。逆止弁と絞り弁を並列に1つの本体中に組み合わせたもので、スピードコントローラーとも呼ばれている。

● 設問2

1. 機器①より多量のドレンが出る

方向制御弁(電磁切換え弁)より多量のドレンが出るのは、配管内空気に水分が多く含まれているときであり、機器内に錆が発生し、トラブルの原因となる。対策はドレンの排出をすることである。

2. ケース締付け部から、空気が漏れる

ファイルタから空気が漏れるのはクランプリングのシール性が不良のときである。締付け修正、シールの交換などで漏れを防ぐ。

3. アクチュエーター作動時、機器⑨の圧力が徐々に下降し、流量が減少する

ファイルタのエレメントが詰まると空気の流通が悪くなり、圧力が下がったり流量が減少する。エレメントの洗浄、交換を実施する。

機器のトラブルの原因と対策の問題はたびたび出題されている。現場での対応力を試される問題であるので、機器の機能や回路について十分理解をしておいてほしい。本書の第2部の油圧・空圧装置の異常時の対応の項目で、「トラブル現象と原因・対策」の表を理解しておくこと。ファイルター、減圧弁、ルブリケーター、方向制御弁、速度制御弁、シリンダーのトラブル原因と対策についての問題が年ごとに順を追って出題

されているようである。それぞれの機器の機能を理解しておけば解ける問題である。とくに空圧圧機器のトラブル現象と原因・対策については、199～201ページを参考にするとよい。

問題2

● 設問1

- 不具合事項1…減圧弁の弁体保持の弁ばねが破損した

減圧弁(問題1の機器構造図②参照)下部にある弁体保持の弁ばねが破損すると弁体が下がり、減圧が困難となる。一次側の高圧エアが二次側へ流れ、減圧弁以降の配管圧力は高くなる。したがって圧力計①、②とも圧力が上昇する。高圧エアのため扉の上昇速度が速くなる。

● 設問2

- 不具合事項2…扉が下降しない

速度制御弁2(D)のニードルが詰まると、シリンダ上部から(E)に帰ってくる空気が(F)のほうに流れなくなる。シリンダに背圧がかかるために前進動作ができず、扉は下降しない。

シーケンス図で、シリンダ下降は回路10—10'間の押しボタンPBS2をONにすると、回路4—3'間のR2がONとなり電流が流れ下降用ソレノイドSOLが励磁されて、エアがPから4に供給されてシリンダは前進し扉は下降する。押し出されたエアは、速度制御弁Dで絞られて2、3ポートを通り排気される。したがって、回路4—3'間と10—10'間の点検が必要となる。

回路5—5'、6—6'間はシリンダ後退(上昇)時に必要な回路である。

● 設問3

- 不具合事項3…速度制御弁(C)のニードルがゆるんだ

速度制御弁(問題1の機器構造図④参照)は、ニードル部で流量を絞り流量調整をしている。ニードルがゆるむと絞りがきかなくなりエアは逃げる。扉上昇時にシリンダーに背圧がかからないため、上昇速度は速くなる。背圧がかからないため、圧力計②の圧力は下降する。

【シーケンス回路動作説明】

PBS2下降ボタンを押しているときは、PBS1の上昇ボタンを押しても扉は上昇しない。

押しボタンPBS2を押すと、リレーR2のコイルに電流が流れる。4-3'間のリレーR2のコイルに電流が流れると、可動鉄片の吸引により、4-3'間のリレーR2の接点が閉じ、6-6'間のリレーR2は開く。

押しボタンPBS1を押して、リレーR1のコイルに電流が流れても6-6'間R2の接点が開いているので、上昇用SOLは動作しない。これを上昇用SOLがインターロックしたという。(インターロック回路：2つの入力信号のうち、先に動作したほうが優先し、他方の動作を禁止する回路のことをいう。機器の保護と操作者の安全のための回路である)

Check Point!

各年度で1、2級ともに油圧または空気圧のどちらかが出題されてきた。2017年度は、油圧、空気圧の両方が出題されている。油圧、

空気圧機器とも回路図とそのトラブル、対策について理解をしておこう。

問題1の次の機器もチェックしておきたい。

④アフタークーラー

圧縮機の直後に配置され、加熱された空気を冷却することによって、圧縮空気中の水分を除去する。一般に空気の温度を311 K (38℃) まで下げ、混入蒸気の63%以上を除去するように設計されている。

⑤フィルタ

粉じん、水分、油分などの異物を除去し、清浄な空気を供給する。

※電磁切換弁を使った空気圧回路、シーケンス回路図について、その作動順序や不具合に関する設問もあるので、簡単なシーケンス回路図が読めるように、電気関連の資料も目を通しておくとよい。

11 密封装置に関する問題

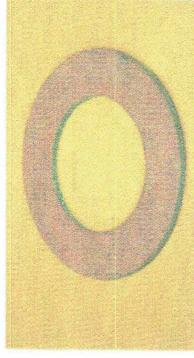
11・1 密封装置の種類

密封装置(シール類)は、固定面用シールのガスケットと摺動面用シールのパッキンに分類される。

① ガスケット

非金属ガスケット・セメタリックガスケット(金属と非金属の組合わせガスケット)・金属ガスケットなどがある。

平面座フランジ(ガスケット座を凸形円形に仕上げてある)には、リングガスケット、全面座フランジには全面形ガスケット(フルフェイス)が使われる。リング形は面圧が高くシール性が良い。フルフェイス形は片締めになりにくい。



② パッキン

圧縮成形パッキンは、つぶし代を与えてシールするのでスクイーズパッキンともいう(Oリング、Xリングなど)。リップパッキン(Vパッキン、Lパッキンなど)・オイルシール・メカニカルシール・ラビリンスパッキン・グラインドパッキンなどそれぞれの特徴と用途をよく把握しておく必要がある。

11・2 実技試験問題と解説

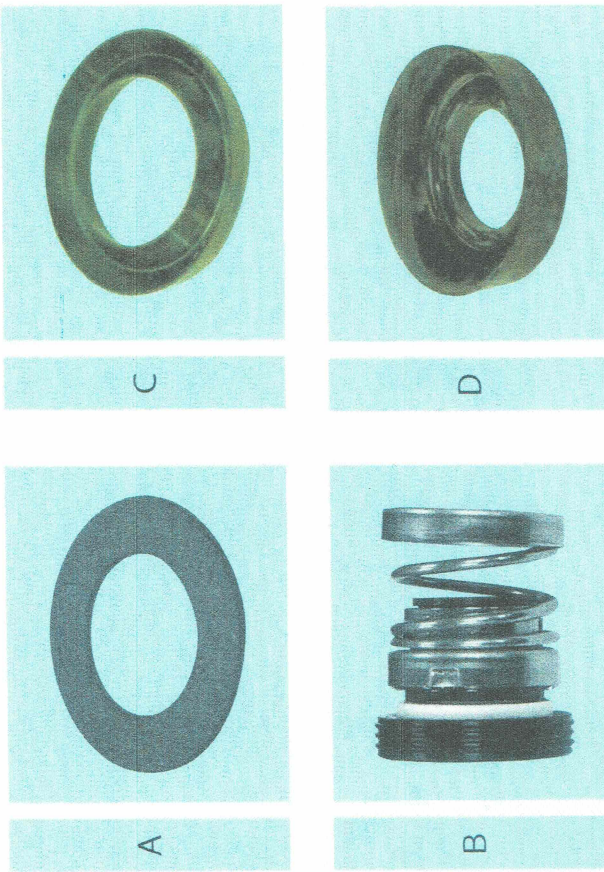
提示された密封装置の写真を見て、その名称および特徴・用途などが出題される。

(1) 問題

● 設問 1

＜密封装置写真＞A～Dの名称、特徴、用途として、もともと適切なものを＜名称＞、＜特徴＞、＜用途＞の中からそれぞれ1つ選び、その記号または番号を解答欄にマークしなさい。

＜密封装置写真＞



＜名称＞

1. バックアップリング
2. ダストシール
3. メカニカルシール
4. Vパッキン
5. Oリング
6. オイルシール
7. グラウンドパッキン
8. Lパッキン
9. Uパッキン
10. ガスケット

＜特徴＞

- イ. 編み組みしたヒモ状のもので、断面が角形または丸形である
- ロ. 回転軸シールでバランス型やアンバランス型がある
- ハ. 使用圧力が高い場合や、はみ出しすぎ間が大きい場合に使用する
- ニ. 前後にオス形、メス形のアダプタではさんで安定させて使用する
- ホ. スクイーズパッキンの1種で、パッキンに方向性はない
- ヘ. 作動方向に1個装着を基本として、平面部をフランジで締め込んで使用する。
カップパッキン、皿パッキンとも呼ばれる
- ト. フルフェース形とリング形がある。静止用シールともいう
- チ. 回転運動用シールで、ばねを挿入したタイプもあり、リップ部に合成ゴムを使用することが多い。高速回転など使用範囲が広い
- リ. 形状はY字形に近いものからU字形までさまざまだが、シール性がよく、摺動抵抗も少ない

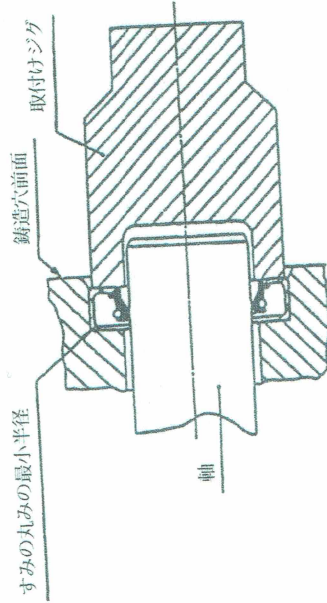
＜用途＞

- a. 枚数を変えて密封圧力を上げることができる。油圧シリンダに使用する V
- b. ポンプに使用する場合、若干の流体の漏れが必要 グラウンドパッキン
- c. 低圧用エアシリンダのピストンパッキンとして使用する L
- d. 回転軸の軸受部を密封して油漏れを防ぎ、ダストの侵入も防ぐ オイルシール
- e. 連続回転使用が可能で、高温、高圧、高速、極低温条件にも対応 メカニカルシール
- f. 長方形のみぞの中に装着し、つぶししろを与えて、その反発力でガスケットとして使用する
- g. パッキンのはみ出し防止用に使用し、パッキンの耐圧性を向上させる バックアップリング
- h. 配管フランジ間やポンプの割り面などからの漏洩防止用として使用される ガスケット
- i. リップ部をみぞ内で圧縮し、接面圧力を与え、その反発力を利用して密封する V

● 設問2

次図は、現場におけるオイルシールの取付け作業に関して述べたものである。()に入るものも適切な語句を次の語群の中からそれぞれ1つ選び、その記号を解答欄にマークしなさい。

次の図は、ハウジング穴に(①)を底突きさせる取付け方法である。この場合、(②)は(③)のままでなく、(④)によって仕上げる。

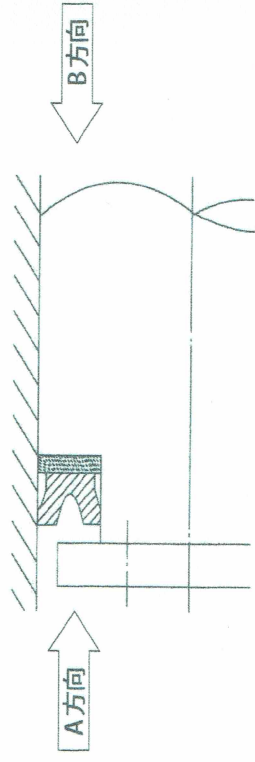


<語 群>

- | | | |
|----------|-----------|--------------|
| ア. シール | イ. レーザー加工 | ウ. 鑄造 |
| エ. 機械加工 | オ. 取付けジグ | カ. バックアップリング |
| キ. シール角部 | ク. 軸 | ケ. ハウジング穴 |
| コ. 鑄造穴前面 | サ. 軸の端面 | シ. 穴の肩部 |

● 設問3

次の図のパッキンにおいて、流体の負荷方向として正しいものを語群の中から選び、その記号を解答欄にマークしなさい。



<語 群>

- | | | |
|--------|--------|----------|
| ア. A方向 | イ. B方向 | ウ. A・B方向 |
|--------|--------|----------|

解 答 欄			
図 名	特 徴	用 途	
設問1	A		
	B		
	C		
	D		
設問2	①		
	②		
	③		
	④		
設問3			

(2) 解答

解 答 欄			
図	名 称	特 徴	用 途
設問1	A 10. ガスケット	ト. フルフェース形とリング形がある。静止用シールともいう	h. 配管フランジ間やポンプの割り面などからの漏洩防止用として使用される
	B 3. メカニカルシール	ロ. 回転軸シールでバラン ス形やアンバランス形 がある	e. 連続回転使用が可能で、 高温、高圧、高速、極低 温条件にも対応する
	C 4. Vパッキン	ニ. 前後にオス形、メス形 のアダプタではさんで 安定させて使用する	a. 枚数を変えて密封圧力 を上げることができる。 油圧シリンダに使用する
	D 8. Lパッキン	ハ. 作動方向に1個装着を基 本として、平面部をフラ ンジで締め込んで使用 する。カップパッキン、 皿パッキンとも呼ばれる	c. 低圧用エアシリンダのピ ストンパッキンとして使 用する
設問2	① ア. シール		
	② ケ. ハウジング穴		
	③ ウ. 鑄造		
	④ エ. 機械加工		
設問3	ア. A方向		

(3) 解説

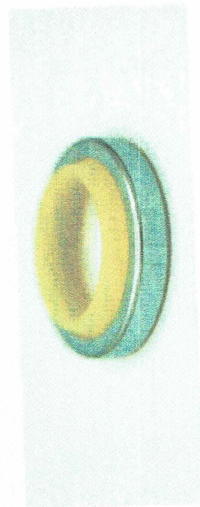
● 設問1

① バックアップリング

リップパッキンやOリングは、作用圧力が大きくなると摺動面間のすき間から、はみ出しが発生するためバックアップリングが使用される。

② ダストシール

UパッキンやVパッキンなどは、流体の外部漏れを防ぐものであるが、ダストシールは、異物や粉塵の内部侵入を防ぐためのものである。



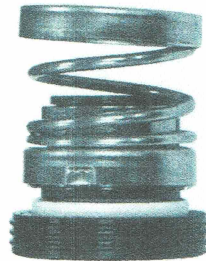
③ メカニカルシール

密封端面の摩擦にしがって、軸方向に動くことができず従動リングと動かないシールリングがある。スプリング作用と流体圧力による面の接触圧力により密封を行う装置である。

固定環に回転環を押しつけてシールする。

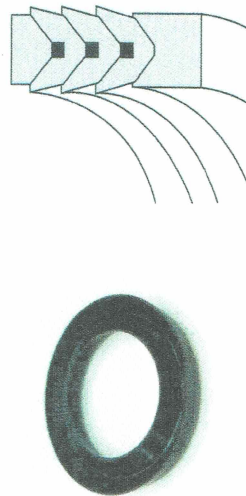
バランスタイプは、高圧用で回転接触面に大きな圧力がかけられないようにリング径をバランス 設計したもの。

アンバランス型は、低圧用でもっとも標準型。



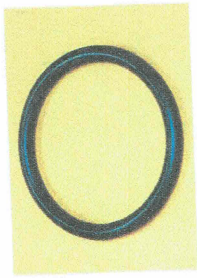
④ Vパッキン

断面がV字型をしている。オス形、メス形のアダプタではさみ安定させる。通常は圧力に応じて数枚重ねて取付け密封する。増締めして漏れを少なくすることができる。

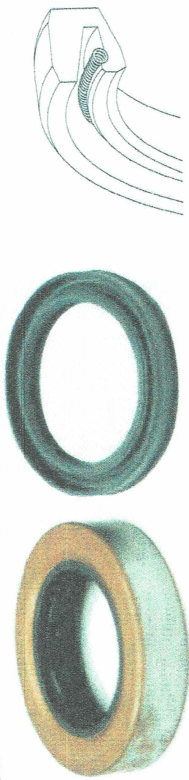


⑤ Oリング

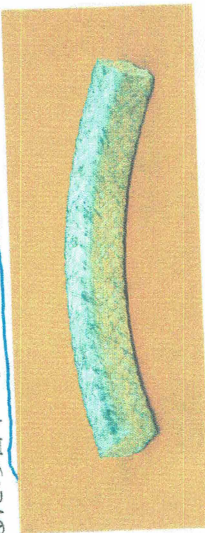
断面がO形をしている。スクイーズパッキンの一種で、パッキンに方向性はなく、パッキン用としてもガスケット用としても使用される。つぶししろはパッキンは8～20%、ガスケットは15～30%として使用し、接触応力によりシールされる。



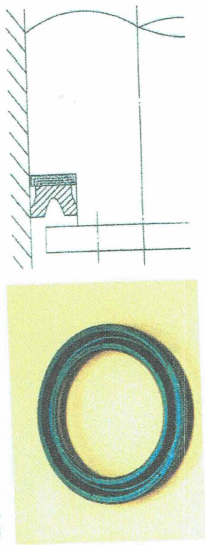
⑥ **オイルシール** **パネ**
回転軸シールとして構造が簡単で、高速回転など使用範囲が広く、リップの向きや形により、内部からの油漏れおよび外部からのダスト、水などの浸入を防ぐためのものである。



⑦ **グラランドパッキン**
パッキンに軸方向の圧縮力を与え、半径方向の応力を発生させ密封する。発熱があるため若干の流体を漏らしながら使用する。

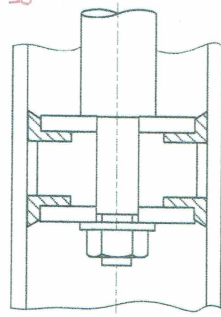
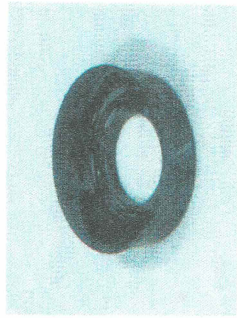


⑧ **Uパッキン**
形状はY字形に近いものからU字形までさまざまだが、シール性がよく、摺動抵抗も少ない。



⑨ Lパッキン

断面形状がL字形をしたパッキンで、カップパッキン、わん(碗)形パッキンとも呼ばれる。作動方向に1個装着が基本。低圧用エアシリンダのピストンパッキンとして使用される場合が多い。



● 設問 2

オイルシールは金属ケースに組み込まれているものが多く、取付け時に変形させないこと、取付けジグを使用してシール端面や外周面を確実に密着させることが必要である。したがって、その接触面は機械加工で仕上げる。

● 設問 3

リップタイプのパッキンは、流体の圧力が作用するとリップ(唇)が立って摺動面に押し付けられて、漏れ防止(シール)作用を行う。

Uパッキンが左側にあり、バックアップリングは右に装着されている。リップが左向きであることから、圧力を左から受けて作動している。Aが流体の負荷方向である。

● Check Point!

実際の実技試験では、密封装置の写真が提示され、その名称、特徴および用途の判定がよく出題されている。提示される写真のシールは黒色が多いため、形状がLかUかVか、スプリングが入っているかなどを気を付けて観ることが大事である。

シールの組立図が示され、そのシールへの圧力方向はどの方向かを問う問題も出題されている。シールのリップ方向などをよく観察すると解ける問題であるので、シールの特徴を事前に学習しておくとうい。

12・1 歯車に関する問題

12・1・1 歯車の種類

一対の摩擦車の接触面を基準として歯を刻み、互いにかみ合うようにした歯車伝動装置は、一定の速度比で、しかも大きな動力を伝えることができる。

歯車には互いにかみ合う2つの歯車の回転軸が平行か、交わるか、くい違うかの3つに分類できる。その特徴を活かして種々の用途に用いられている。

回転2軸の相対的關係位置によって、次のものがある。

- (1) 2軸が平行の歯車：平歯車、内歯車、はすば歯車、やまば歯車、ラック
- (2) 2軸が交わる歯車：すぐばかさ歯車、はすばかさ歯車、まがりばかさ歯車
- (3) 2軸がくい違う歯車：ねじ歯車、ハイポイドギヤ、ウォームギヤ

12・1・2 実技試験問題と解説

提示された歯車の写真について、その名称・特徴および用途を選択する。

(1) 問題

● 設問1

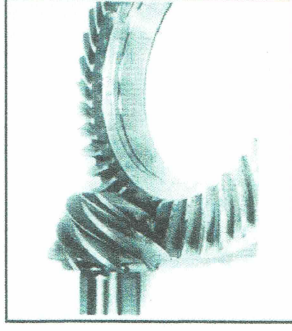
＜歯車写真＞A～Dの名称、特徴・用途として、もっとも適切なものを＜名称＞、＜特徴・用途＞の中からそれぞれ1つ選び、その記号または番号を解答欄にマークしなさい。

＜歯車写真＞

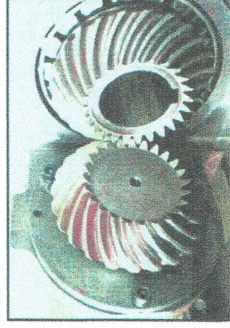
＜A＞



＜B＞



＜C＞



＜D＞



＜名 称＞

- | | | |
|-------------|-------------|------------|
| 1. まがりばかさ歯車 | 2. 平歯車 | 3. ヘリカルギヤ |
| 4. ハイポイドギヤ | 5. 円筒ウォームギヤ | 6. すぐばかさ歯車 |
| 7. やまば歯車 | 8. ねじ歯車 | |

イ. 平行な2軸に対して歯が斜めに切られており、はすば歯車ともいう。高速回転でも騒音が少ない。一般の伝動装置に使われる

ロ. 歯すじが直線で軸に平行な歯を持ち、スパーギヤとも呼ばれ、簡単でつくりやすく安価。一般的な動力伝達用に使われる

ハ. 小型で大きな減速比が得られ、かみ合いが静かで、ウインチ、チェーンブロックなど用途は多い

ニ. 2軸が交わり歯すじが曲線でスパイラルベベルギヤとも呼ばれ、すぐば・はすばかさ歯車より高負荷・高速回転の伝動に適し、自動車の減速機、工作機械などに使われる

ホ. 2軸がくい違う歯車で、歯あたり面積が大きく静かな回転が得られ、自動車のディファレンシャルギヤなどに使われる

ヘ. 歯すじが直線で2軸が交わりストレートベベルギヤとも呼ばれ、歯すじが円すいの頂点に向かってまっすぐになっている。工作機械など機械装置に使われる

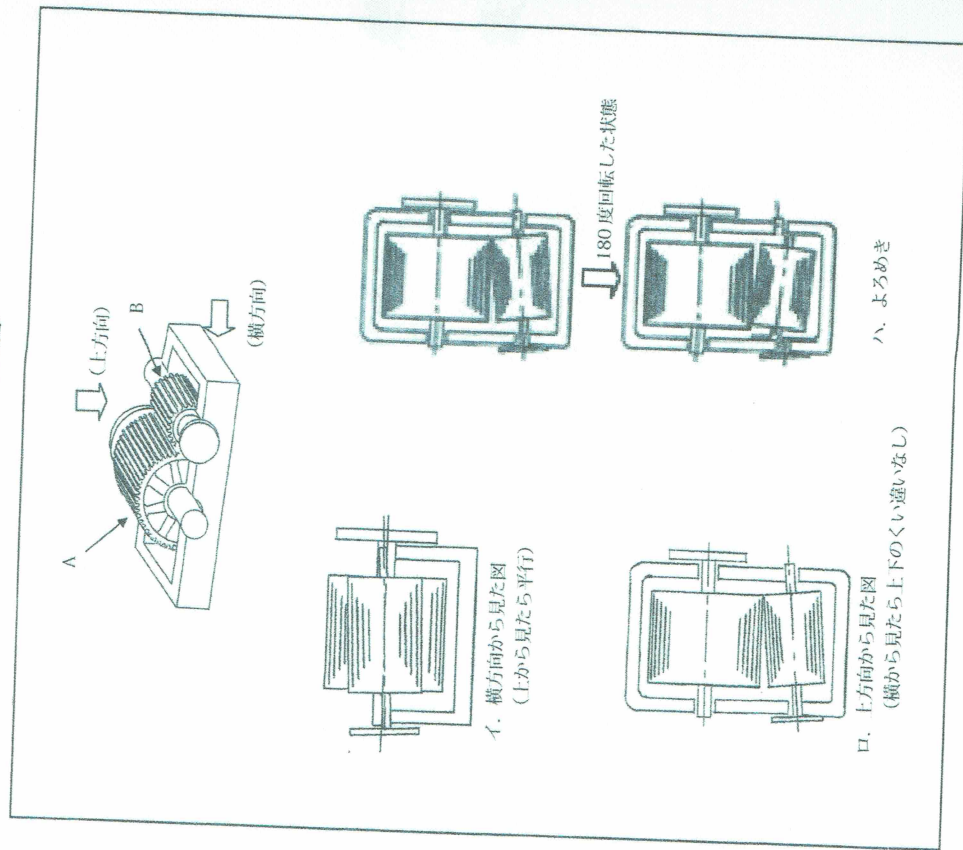
ト. ダブルヘリカルギヤとも呼ばれ、強度が大きく円滑な回転ができ、軸方向のラストを生じない

解 答 欄		
歯車	名 称	特徴・用途
A		
B		
C		
D		

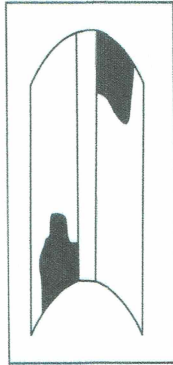
● 設問2

＜歯車の概念図＞に示す2台の減速機の平歯車の歯当たりの状態を観察したところ、ピニオン(B)の全周にわたり＜歯当たり＞図2-1と図2-2のような当たりが発見された。歯当たり不良の原因として、もっとも適切なものを＜歯車概念図＞および＜歯車不具合＞の中からそれぞれ1つ選び、その記号を解答欄にマークしなさい。

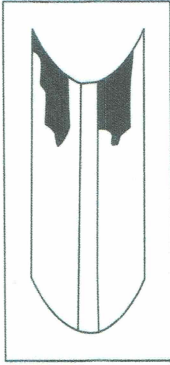
＜図1 歯車の概念図＞



<図 2-1 歯当たり>



<図 2-2 歯当たり>



<歯車の不具合>

- イ. ピニオン軸とギヤ軸の平行度およびレベルが同時に不良
- ロ. ピニオン軸とギヤ軸の平行度不良
- ハ. ピニオン軸とギヤ軸のレベル違い
- ニ. 歯車が歯車軸に対して傾いてはめ込まれ、「よろめき」が生じている場合
- ホ. ピニオンとギヤの通り芯が狂っている場合

解 答 欄		
歯当たり状態	歯車の概念図	歯車の不具合
図2-1		
図2-2		

(2) 解 答
● 設問 1

解 答 欄		
歯車	名 称	特徴・用途
A	5. 円筒ウォームギヤ	ハ. 小型で大きな減速比が得られ、かみ合いが静かで、ウインチ、チェーンブロッックなど用途は多い
B	4. ハイポイドギヤ	ホ. 2軸がくい違う歯車で、歯あたり面積が大きく静かな回転が得られ、自動車のディファレンシャルギヤなどに使用される
C	1. まがりばかさ歯車	ニ. 2軸が交わり歯すじが曲線でスパイラルベベルギヤとも呼ばれ、すぐば・はすばかさ歯車より高負荷・高速回転の伝動に適し、自動車の減速機、工作機械などに使われる
D	7. やまば歯車	ト. ダブルヘリカルギヤとも呼ばれ、強度が大きく円滑な回転ができ、軸方向のスラストを生じない

● 設問 2

解 答 欄		
歯当たり状態	歯車の概念図	歯車の不具合
図2-1	イ	ハ. ピニオン軸とギヤ軸のレベル違い
図2-2	ロ	ロ. ピニオン軸とギヤ軸の平行度不良

(3)解説

●設問1

歯車の名称と特徴・用途をセットで覚えておく必要がある。367～369ページに表でまとめておくので、活用されたい。

●Check Point!

この問題は1級の概要として示されているもので、実際の試験では歯車の写真が提示され、その名称と特徴・用途を答える。1級実技試験における出題頻度は高い。写真を見ながら、名称と特徴・用途を学習してもらいたい。

出題する年度により写真が入れ替わるので、以降の表にまとめた歯車のどれが出題されるか判定できるようにしておきたい。

実物が無い場合は、日本能率協会コンサルティングが販売している実習キット「歯車サンブル(A)(B)」などを活用するとよい。

●設問2

精度よく製作された歯車も、お互いの軸芯がきちんとしていなければ片当たりとなり、そのまま使用すると、歯面の摩擦や振動が増大し、かつ軸受部の劣化が進行して思わぬトラブルが発生する。

お互いの軸芯のくるいは、歯当たりを見ることがによって推定できる。

図2-1の歯当たりは両面異方向の片当たりであり、ピニオン軸とギヤ軸のレベルが違うときの当たりである。

図2-2の歯当たりは両面同方向の片当たりであり、ピニオン軸とギヤ軸の平行度が不良のときの当たりである。

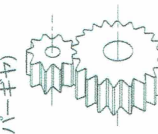
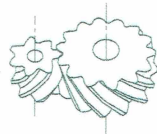
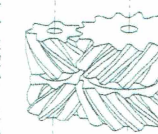
●Check Point!

「レベル違い」とは、減速機を横から見たととき、ピニオンに対してギヤの軸芯が左と右の高さが違っており傾いている状態である。

「平行度不良」とは減速機を上から見たととき、ピニオンとギヤの軸芯がハの字になっている状態である。

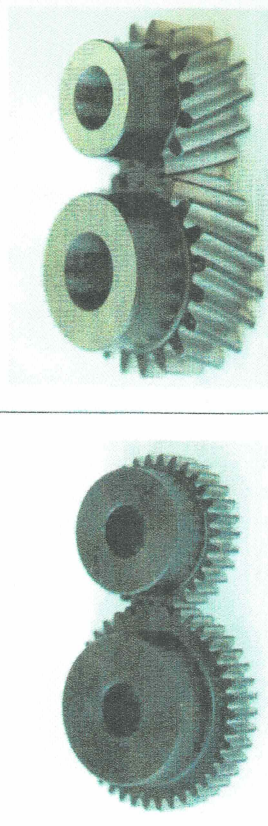
「通り芯違い」とは、歯車の両端面が軸方向に食い違っている状態である。

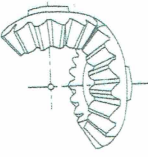
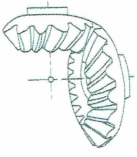
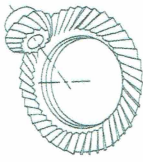
2軸が平行な歯車

歯	形	特徴・用途
平歯車 (スパーギヤ) 	歯すじが直線で、軸と平行に歯がついている。回転方向と直角に歯がついているので、軸方向に力がかからない。2本の平行な軸間に回転運動を伝える歯車で、もともと一般的に使われている	① 簡単でつくりやすく、コストも安い ② 軸に斜めの力がかからない ③ 高速回転の場合、騒音が発生しやすい ④ 回転方向は正・逆・逆とも可能 <用途> 一般的な動力伝達用
はすば歯車 (ヘリカルギヤ) 	歯すじを軸に対して斜めにしたもので、荷重がだんだん円滑に移っていく。かみ合いをなめらかにする	① 平歯車より強度は大きい ② 高速回転でも運動が円滑で衝撃が少ない ③ 歯すじが斜めのため、かみ合い率が大きく、騒音が少ない ④ 軸方向にスラスト力が生じる ⑤ 製作がややむずかしい <用途> 一般の伝動装置(自動車、減速機など)
やまば歯車 (ダブルヘリカルギヤ) 	歯の向きが反対のはすば歯車を組み合わせたもので、歯の種類は山の頂上部の製作方法でいろいろな種類がある(歯の種類) 角突合わせ 丸突合わせ 千鳥 中みぞ突合わせ	① 高速回転でも、円滑な回転ができる ② 強度は大きい ③ 軸方向のスラストが生じない ④ 伝動が静かで効率が良い ⑤ 製作がむずかしい <用途> 一般に動力伝動用のほかに、大動力伝動に用いる(製鉄用圧延機、大型減速機など)

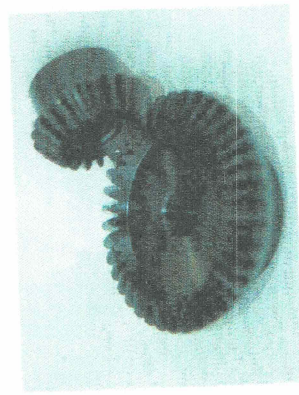
平歯車

はすば歯車

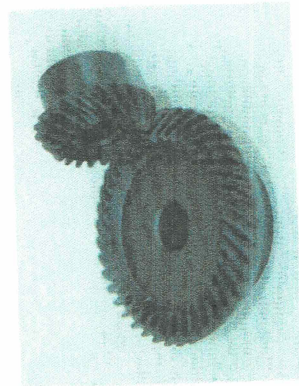


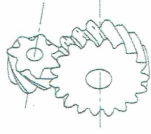

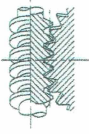
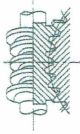
歯	形	特徴・用途
すぐばかさ歯車 	歯すじが円すいの頂点に向かつてまっすぐになっているかさ歯車	① 軸方向にかかる力は少ない ② 伝動力の大きいときはあまり用いない ③ 製作は比較的容易 ＜用途＞ 工作機械などの諸機械装置・印刷機械および差動装置
はすぐばかさ歯車 	歯すじはまっすぐだが、頂点に向かつていないもの。つまり、すぐばかさ歯車の歯を、はすぐに傾けたもので斜めになっているかさ歯車	① 歯当たり面積が大きくなるので強度はすぐばかさ歯車より大きい ② 比較的静かな伝動が得られる ③ すぐばかさ歯車より大きい伝動力を伝えることができる ＜用途＞ 大型減速機などで、まがりばかさ歯車を用いない場合に使う
まがりばかさ歯車 (スパイラルベベルギヤ) 	歯すじが曲線になっている歯車で、すぐばかさ歯車より製作はむずかしいが、強く静かな歯車として広く使われている	① 歯当たり面積、強度、耐久力ともにすぐば、はすぐばかさ歯車より大きい ② 減速比が大きくとれ、音も静かで、伝動効率も良い ③ 軸方向の力が大きくなる ④ 製作がややむずかしい ＜用途＞ 高負荷・高速回転の伝動に適し、自動車の減速機、工作機械などに用いる

すぐばかさ歯車



まがりばかさ歯車



歯	形	特徴・用途
ねじ歯車 	はすぐば歯車の軸をくい違えてかみ合わせた歯車で、1組の歯車の軸が平行でもなく、また、交わらない場合に用いる	① 減速のほかに増速も可能 ② 効率がよく静かな回転が得られる ③ 減速比が小さく、大動力の伝動には適さない ＜用途＞ 自動車の補機駆動用、自転機械などの複雑な回転運動をするもの
ハイポイドギヤ 	円すい形の歯車で、一種のまがりばかさ歯車であるが、軸がくい違っているもので、まがりばかさ歯車とは異なる	① 歯当たり面積が大きい ② 静かな回転が得られる ③ 小歯車の中心線を、大歯車の中心線から離すことができる ④ 製作がむずかしい ＜用途＞ 小歯車の中心線を大歯車の中心線より下げられるので、自動車の最終減速機などに用いて車の床面を低くし、乗り心地と安定性を増している。そのほか、ウォーム歯車の代わりなど
円筒ウォームギヤ 	歯数の少ない方は、ねじ状になっていて、これをウォームと呼び、これにかみ合う歯数の大きい方をウォームホイールと呼んでいる。これらを通常、総称してウォームギヤという。同一平面内でない2軸が、互いに直角な場合の伝動に用いる。種類は一般的な円筒ウォームギヤと鼓形(つづみかた)ウォームギヤがある	① 小型で大きな減速比が得られる(1:6~1:100) ② かみ合いが静かで円滑 ③ 摩擦が大きく効率はあまりよくない ④ 円筒ウォームギヤより鼓形ウォームギヤの方が高負荷の動力伝達には有利 ⑤ 回転は、一般にウォームからウォームホイールを回転させる。ウォームホイールからウォームは回転できない ⑥ 鼓形ウォームギヤは、製作がややむずかしい ＜用途＞ 減速装置、ウインチ、チェーンブロック、工作機械、割出し機械など、その用途は非常に多い
鼓形ウォームギヤ (ヒンドレウォームギヤ) 		

12・2 キーおよびピンに関する問題

キーは回転軸に歯車、カッブリング、スプロケット、プーリーなどを固定するために用いるもので、荷重条件や構造、機能に応じて多くの形状がある。

ピンは、小径の丸棒で取付けが簡単なため、一般に、

- 機械部品の取付け位置を一定にする場合
- ハンドルと軸の位置を固定する場合

などの軽荷重の組立に用いられる。

コッタは厚さが一定で、幅にこう配のある「くさび」である。

12・2・1 キー・ピン・コッタの種類

- (1) キー：沈みキー（こう配キー・平行キー）、接線キー、くらキー、半月キーなど
- (2) ピン：平行ピン、テーパピン、スプリングダピン、割ピン
- (3) コッタ：こう配1/50～1/100程度（取外ししない場合）、こう配1/5～1/10程度（取外し頻度が多い場合）

12・2・2 実技試験問題と解説

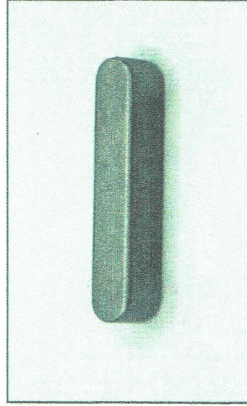
提示されたキー・ピン・コッタの写真について、その名称・特徴を選択する。

(1) 問題

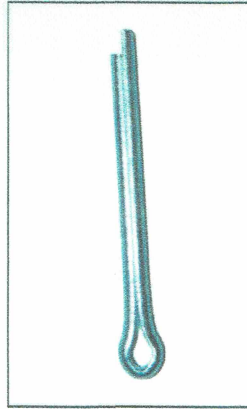
● 設問1

＜キー・ピン写真＞A～Dの名称、特徴・用途として、もつとも適切なものを＜名称＞、＜特徴・用途＞の中からそれぞれ1つ選び、その記号または番号を解答欄にマークしなさい。

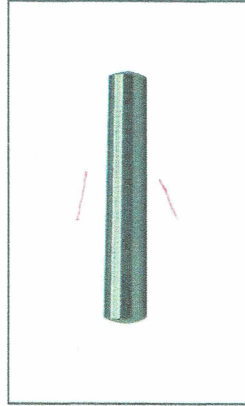
＜A＞



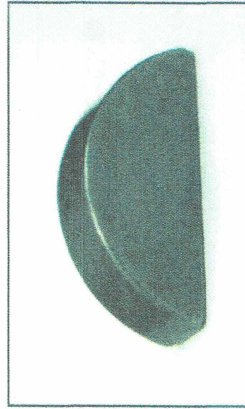
＜B＞



＜C＞



＜D＞



＜名称＞

- | | | |
|----------|-------------|----------|
| イ. こう配キー | ニ. 平行ピン | ト. 平行キー |
| ロ. くらキー | ホ. 割ピン | チ. テーパピン |
| ハ. 接線キー | ヘ. スプリングダピン | リ. 半月キー |

＜特徴・用途＞

- 軸にボスを組み込んだ後にキーを打ち込んでボスを固定する。キーは上下両面に締めしろをつけて固定する。
（こう配キー）
- 通常120°の位置に2カ所取り付けて使用し、正逆回転に適し、重荷重用に用いる。
（接線キー）
- 大きな荷重や正逆回転する個所には不適である。トルクの伝達は主一の側面で行う。
（平行キー）
- ボスのキーみぞに対する傾きを自動的に調整できる。軸のキーみぞが深いので軸の強度が低下する。
（半月キー）
- ボス側にみぞ加工してあり、軸の任意の個所で固定できる。伝達トルクが小さい場合に用いる。
（くらキー）

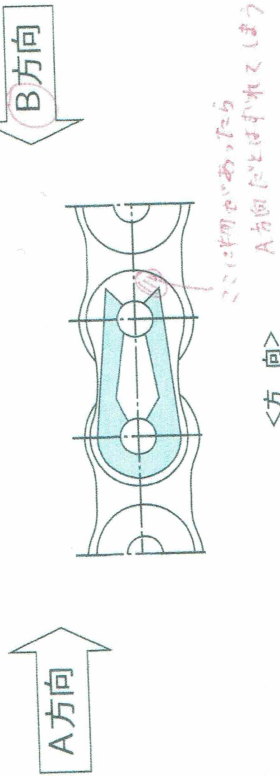
※次のページにも＜特徴・用途＞の状況図あり。

<特徴・用途> つづき

- F. 取り付けたとき、先端を十分開くこと。一度使用したら再使用できない
 G. 軸に固定する場合などに用いられ、呼び径は小さい方の直径で表される。テーパは1/50となっている
 H. 貫通穴に取り付けて、ピンポンチで下へ抜くことができる個所に使用する。貫通穴でないときは、穴をテーパ加工しなくても使用できる
 I. ストレート部は1.5～2D(直径)程度入るようにする。貫通穴でないときは、ピンに空気抜きのみぞのついたものを使用する

● 設問2

<チェーンクリップ>において、進行方向として、もっとも適切なものを<方向>の中から1つ選び、その記号を解答欄にマークしなさい。



ア. A方向 イ. B方向 ウ. A・B方向(どちらでもよい)

解答欄		
写真	名称	特徴・用途
設問1	A	
	B	
	C	
	D	
設問2		

(2) 解答

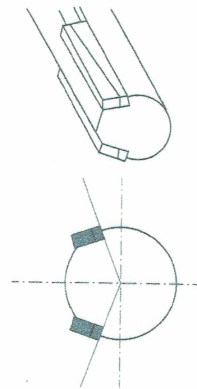
解答欄		
写真	名称	特徴・用途
設問1	A. 平行キー	C. 大きな荷重や正逆回転する個所には不適である。トルクの伝達はキーの側面で行う
	B. ホ. 割ピン	F. 取り付けたとき先端を充分開くこと。一度使用したら再使用できない
	C. テーパーピン	G. 軸に固定する場合などに用いられ、呼び径は小さい方の直径で表される。テーパは1/50となっている
	D. リ. 半月キー	D. ボスのキーみぞに対する傾きを自動的に調整できる。軸のキーみぞが深くなるので軸の強度が低下する。
設問2	イ. B方向	

(3) 解説

● 設問1

以下のようなキー・ピンについても学習しておきたい。

接線キー：軸心に対して通常120°の位置に2カ所取り付けて使用する。キーは圧縮作用だけを受けるので、重荷重にも耐えられ正逆回転にも適している



▲接線キー

フェザーキー：すべりキーとも呼ばれ、こう配のないキーで軸上でボスを入れ替えることができる。キーは軸のキーみぞに植え込む

スプリングピン：スリープ半割り構造となっているのでピンに弾力がある。
組立時の固定用やノックピンとしても使う



▲スプリングピン

▲波形スプリングピン

●設問2

チェーン連結のときには、ピンに継手プレート挿入後、クリップを継手リンクのピンのみぞに確実に挿入すること。そのとき、挿入方向を間違えないことと同時に、クリップの脚部を抜け過ぎないことが大切である。クリップの取付け忘れ、または取付け不備は、脱落・かみ込みなどの思わぬ事故の原因となる。

Check
Point!

本課題は2級の問題概要に記載されている。キー・ピン・コッタの写真を提示して、その名称・特徴・用途を選択する課題が出題された。日ごろから写真や現物を見て事前に学習しておけば、とくにむずかしいことはない。なお、次のキー・ピンも写真とともに再度チェックしておくこと。

①こう配キー

打込みキーともいわれ、キーは1/100のこう配をもち、上下両面に締めしろをつけて固定する。このため、上下面は上仕上げ、両側面は並仕上げとなる。中型以上の産業機械にもよく使用されている。



②平行キー

軸とボスのキーみぞは、ともに軸に平行に加工して、こう配のない平行キーを用いる。こう配キーのようにきつくできないので、大きな荷重や正逆回転する箇所には不適である。



③半月キー

ボスのキーみぞに対する傾きを自動的に調整できるので、テーパー軸に適している。軸のキー溝が深くなるので、軸の強度が低下する欠点がある。



④くらキー

軸にキーみぞを加工せずにボス側にだけキーみぞを加工する。また、キーとキーみぞ(ボス側)はそれぞれ1/100のこう配をつける。キーと軸との間の摩擦力によって回転を伝えるので伝達トルクは小さく、過大トルクや変動トルクに対して焼付きを起こすことがある。



⑤テーパーピン

軸に固定する場合などに用いられ、呼び径(d)は小さい方の直径で表される。テーパーは1/50となっている。軸にボスを固定する場合に使う。



⑥割ピン

断面は円形になっていて、セットした後先端を充分開いて抜け止めする。ナットのゆるみ止めや軸にはまった輪の抜け落ち防止などに使う。



13 弁(バルブ)に関する問題

バルブは配管の中でも重要な部品であり、バルブの不具合がプラントに重大な支障をもたらすことがある。また、配管材料費の約50%を占めることもあり、選定や保守に十分に気を配る必要がある。

実技試験では、2008年度から1・2級で出題された問題である。名称と特徴・用途のほか、操作方法や故障の現象と原因などが問われた。

13・1 バルブの種類

バルブ(弁)は、流体を通したり止めたり絞ったりするための機器で、プラントにはなくてはならないものである。

大まかに分類すれば、

① 基本的な形式(広い範囲の用途に使われるバルブ)
ゲートバルブ(玉形弁)、ゲートバルブ(仕切り弁)、チェックバルブ(チャッキバルブ、逆止弁)、ボールバルブ(球形弁)、バタフライバルブ(蝶形弁)、ダイヤフラムバルブ

② 特定用途弁

安全弁(safety valve)、調整弁(regulating valve)、調節弁(control valve)

③ 給水栓(建築設備および水道施設の給水・給湯管に使われる)
単水栓、湯水混合水栓、ボールタップ(浮き子式)
などとなる。とくに①のものは、形状と名称を整理しておきたい。

13・2 実技試験問題と解説

バルブの写真などから、その名称および特徴・用途、故障箇所と原因、操作方法、使用方法や配管の腐食(386ページ参照)などを問うものが出題される。

(1) 問題 1

● 設問 1

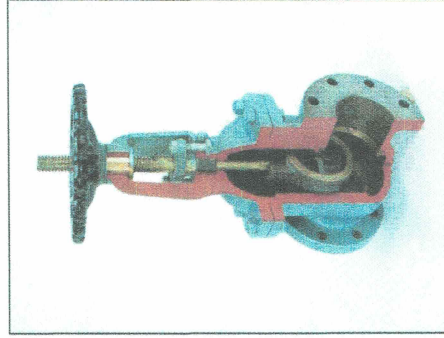
〈弁(バルブ)写真〉A、Bの名称、特徴・用途として、もっとも適切なものを〈名称〉、〈特徴・用途〉の中からそれぞれ1つ選び、その記号または番号を解答欄にマークしなさい。

● 設問 2

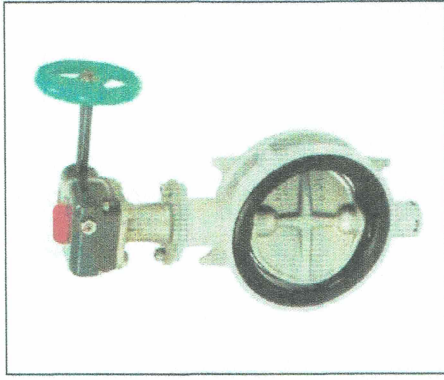
〈弁(バルブ)写真〉Aの操作に関する記述のうち、適切でないものはどれか。〈操作〉から1つ選び、その番号を解答欄にマークしなさい。

〈弁(バルブ)写真〉

〈A〉



〈B〉



〈名 称〉

イ. 玉形弁(グローブバルブ)

ニ. 球形弁(ボールバルブ)

ロ. 蝶形弁(バタフライバルブ)

ホ. ダイヤフラムバルブ

ハ. 仕切り弁(ゲートバルブ)

ヘ. 逆止弁(チェックバルブ)

<特徴・用途>

- イ. 弁の封止性(密閉性)が良い。弁には正規の流れ方向が決められている。流量調整が可能で、流量調整弁などとして使用されることが多い バルブ
- ロ. 一般的に、低圧の水系やガス系配管に多く用いられる。弁箱(ボディ)の幅が小さく、配管の狭いスペースに設置が可能である
- ハ. シートにソフトシート材を使用しており、封止性(密閉性)が良い。弁を全開したとき、弁体の開口部は配管径と同口径となり、流体抵抗が小さい。流量制御には不向きである
- ニ. 流量調整用には不向きであるが、ポンプ、槽などの閉止弁に多く用いられる。大口径弁としても使用され、流れ方向は問わない。弁の開閉操作には、弁棒(ステム)の移動(ねじ山数)が長く、時間がかかる バットバルブ
- ホ. 流体の背圧により、弁体が弁座に密着して流れを止める
- ヘ. ダイヤフラムと弁箱とで流路を構成し、ダイヤフラムを弁箱内面に押しつけたり離したりして、流量を調整する

<操 作>

1. 配管バルブでのキャビテーションを防止するには、必要流量を確保できる開度でバルブを使用し、流速を落として流体の圧力低下を防ぐ
- × 2. バルブを閉止するときは、ウォーターハンマなどの衝撃を防止するために全体の半分程度までゆっくり閉め、その後急速に全開とする ×
3. バルブを開けるときは、開け始めは1/8～1/4回転程度の操作で徐々に3回転くらいまで開け、その後ゆっくり全開とする
4. 規定されているハンドル回し以外の工具や用具を使つての、ムリなハンドル操作はバルブのかじりや破損につながる
5. 高温配管(300℃以上)で使用される弁のボルトナットの増締めは、運転開始前のみでなく随時行う

(2) 問題 2

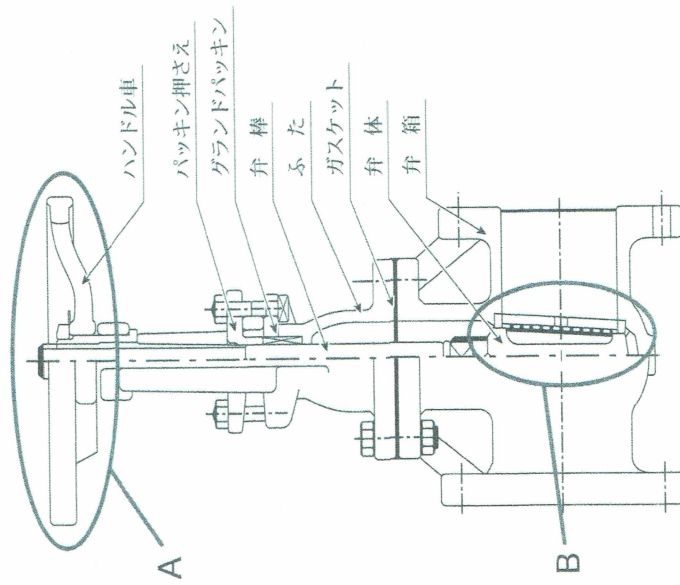
● 設問 1

<故障箇所指示図>で示したA、Bの故障現象、原因として、もっとも適切なものを<現象>、<原因>の中からそれぞれ1つ選び、その記号または番号を解答欄にマークしなさい。

● 設問 2

<弁(バルブ)に関する記述>のA～Dには、それぞれ1つずつ適切でない箇所がある。下線①～③のうち、適切でない箇所の番号を選び、また、その箇所と入れ替えたときに適切な記述になるような語句<語群>の中から選び、その記号または番号を解答欄にマークしなさい。

<故障箇所指示図>



<現象>

1. グランド部の漏れ
2. ふた(ボンネット)部漏れ
3. バルブハンドルの回転不良
4. 弁座(シート)の漏れ

<原因>

- a. グランド押さえナットの締めすぎ。弁棒(ステム)のかじり・変形
- b. 異物のかみ込み、ハンドルの締めすぎによる弁体(ディスク)のかじり・きず
- c. ボルトナットのゆるみ・片締め、ガスケットの劣化・破損
- d. パッキンの不足、パッキンの劣化、グランド押さえナットのゆるみ

<弁(バルブ)に関する記述>

- A. ①グローブバルブのハンドルに動作不良があったので、②駆動部を調べたと
ころ、弁棒の③破損を発見した
- B. ①ボールバルブを、高温流体で使用する②挟み込み現象が発生したため、
流量特性により適切に弁を③サイジングした
- C. ①銅管を鉄鋼系材料のバルブに接続すると、②フラッタが発生して、③水漏
れする
不良な振動
- D. ①チェック弁の流速が②速くて、チャタリングするので、③オーバーサイズの
弁から適正サイズに換えた

<語群>

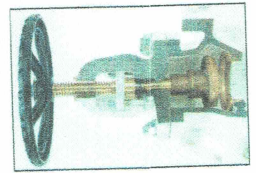
- | | |
|--------------|-------------|
| イ. グローブバルブ | ル. キャビテーション |
| ロ. バタフライバルブ | オ. 電食 |
| ハ. ゲートバルブ | ワ. 低く |
| ニ. ボールバルブ | カ. 弁体 |
| ホ. ダイアフラムバルブ | コ. 弁座 |
| ヘ. チェックバルブ | タ. 潰食 |
| ト. クラック | レ. 大きく |
| チ. 固着 | ソ. ノッキング現象 |
| リ. ウォータハンマ | ツ. 振動 |
| ヌ. SUS管 | ネ. グランド |

解 答 欄					
	写真	名 称	特徴・用途		
問題 1	設問 1	A			
		B			
	設問 2	操作：			
問題 2	設問 1	図	現 象	原 因	
		A			
		B			
	設問 2	記述	適切でない箇所	語 群	
		A			
		B			
		C			
	D				

(3) 解答

解 答 欄			
写真	名 称	特徴・用途	
A	ハ. 仕切り弁 (ゲートバルブ)	二. 流量調整用には不向きであるが、ポンプ、槽などの閉止弁に多く用いられる。大口径弁としても使用され、流れ方向は問わない。弁の開閉操作には、弁棒（ステム）の移動（ねじ山数）が長く、時間がかかる	
	ロ. 蝶形弁 (バタフライバルブ)		
設問 1		ロ. 一般的に、低圧の水系やガス系配管に多く用いられる。弁箱（ボディ）の幅が小さく、配管の狭いスペースに設置が可能である	
設問 2		2. バルブを閉止する時は、ウォーターハンマなどの衝撃を防止するために全体の半分程度までゆっくり閉め、その後急速に全閉とする。	
設問 1	図	現 象	原 因
	A	3. バルブハンドルの回転不良	a. グランド押さえナットの締めすぎ。弁棒（ステム）のかじり・変形
	B	4. 弁座（シート）の漏れ	b. 異物のかみ込み、ハンドルの締めすぎによる弁体（ディスク）のかじり、きず
	記述	適切でない箇所	語 群
設問 2	A	③破損	チ. 固着
	B	①ボールバルブ	ハ. ゲートバルブ
	C	②フラッタ	オ. 電食
	D	②速く	ワ. 低く
問 題 2			

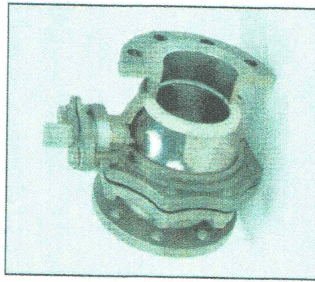
(4) 解説 問題 1



● 設問 1

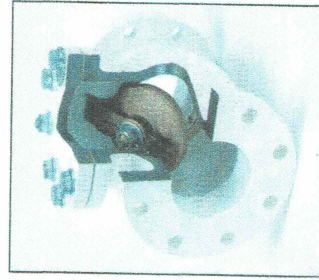
ゲートバルブ(仕切り弁)、バタフライバルブ(蝶形弁)は解答のとおりである。その他のバルブを整理しておこう。

- ① グローブバルブ(玉形弁)
弁の封止性(密閉性)が良い。弁には正規の流れ方向が決められている。流量調整が可能で、流量調整弁などとして使用されることもある。



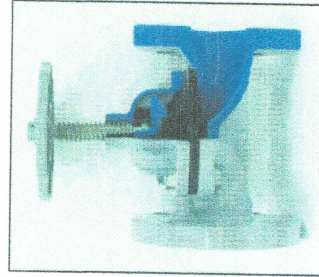
② ボールバルブ(球形弁)

孔のあいだ球形の弁体が、弁棒を軸に回転して流路を開閉するバルブである。シートにソフトシート材を使用しており、密閉性がよい。弁を全開したとき、弁体の開口部は配管径と同口径となり、流体抵抗が小さい。



③ チェックバルブ(逆止弁)

流体の流れを常に一定方向に保つバルブである。逆流すると流体の背圧により、弁体がボディのシートに密着して、逆流を防止する。



④ ダイヤフラムバルブ

ダイヤフラムと弁箱とで流路を構成し、ダイヤフラムを弁箱内面に押しつけたり離したりして、流量を調整する。グラインド部に流体が作用しないので、軸漏れがない。流体抵抗は大きい。

● 設問 2

バルブの開閉操作はゆっくりと行う。急激な操作は流体振動を誘発しやすい。ハンドル回しは、規定されているものを正しく使い、パイプレンチで代用したり、過大な力でのムリな操作は事故やバルブ破損の原因となる。

バルブキャビテーションは、絞られた流体が高流速となり、バルブ内面の物体境界面で部分的に低圧部を生じ、気泡が発生する。高圧部で気泡が壊滅して衝撃や振動、潰食が起る。(389 ページ参照)

ウォーターハンマは、バルブ開閉を急激に行うなどで、流速が急に変化し、管内圧力が過渡的に変動する現象で衝撃音や振動を伴う。

問題 2

● 設問 1

バルブハンドルの回転不良は、グランド押さえナットの締めすぎ、弁棒(ステム)のカジリ・変形が原因となる。弁座(シート)の漏れは、弁座に異物のかみ込み、ハンドルの締めすぎによる弁体(ディスク)のかじり、きずが原因となる。

● 設問 2

A : グローブバルブ(玉形弁)のハンドル駆動部の動作不良は、弁棒の固着が要因となることが多い

B : ゲートバルブ(仕切り弁)を高温流体で使用すると弁箱の冷却による熱収縮で強く挟み込まれ、**挟み込み現象**が発生する。
必要な流量を得るために適切なサイズを選定することをバルブサイジングという。

C : 異種金属が接触すると電池作用腐食となり、**電食**が発生する。(388 ページ参照)

D : チャタリングとは、弁が全開、全閉を繰り返す、頻繁に弁座を叩く現象。弁体が弁座を叩かず中間開度で高い周波数で開閉を繰り返す状態を**フラッタリング**という。

チャタリングの原因は、オーバーサイズの弁を使ったとき、圧力変動が頻発に起きている回路、入口配管の過大な圧損やノッキング

現象を起こす場合、内面に異物付着がある場合、あるいは安全弁背圧が安全弁設定圧の1/10以上ある場合などである。設定圧を1/10以下にすることなどで防ぐ。

チェック弁の流速が低いということは、オーバーサイズの可能性がある。

Check Point!

バルブの写真を提示して、その名称および特徴・用途および操作方法が出题されるようになった。バルブの断面写真を見て、その特徴を事前に学習しておくとうい。故障個所の写真や図から故障内容・原因を判定する問題では、バルブの構造を理解しておけば解ける問題である。