



測定
システムの同定

METRIC /
SI (ENGLISH) UNITS

MSFC-STD-3716
BASELINE

発効日：2017年10月18日

ジョージ・C.マーシャル宇宙飛行センター
マーシャル宇宙飛行センター、アラバマ州35812

EM20

MSFC技術標準

付加的にするための標準的な LASER粉末床のFUSION製宇宙飛行 HARDWARE

金属における

公共のリリースのために承認されました。配布は無制限です

MASTERのリストを確認します - これは、USE国立航空宇宙局前に、正しいバージョンであることを確認します

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造さ宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：93の2

ドキュメント履歴LOG

ステータス (ベースライン/改訂/キャンセル)	ドキュメントのリビジョン	有効期限	説明
ベースライン	-	2017年10月18日	BASELINE初期リリース

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造さ宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：93の3

目次

PARAGRAPH

ページ

1.	SCOPE	9
1.1	目的	9
1.2	適用性.....	9
1.3	仕立て.....	9
1.4	方法論の概要.....	10
2.	適用文書.....	16
2.1	一般.....	16を
2.2	政府文書.....	16
2.3	非政府文書.....	16
2.4	NASA規格準拠.....	17
3.	頭字語、略語、記号、定義.....	17
3.1	頭字語、略語、および記号.....	17
3.2	定義.....	19
4.	一般的な要件.....	22
4.1	アディティブマニファクチャリング管理計画.....	22
4.2	品質管理システム	22
4.3	ベンダーコンプライアンス.....	23
5.	基礎プロセス制御要件は、23を.....	
5.1	適格冶金法.....	23
5.2	機器コントロール.....	23
5.3	人材育成.....	23
5.4	材料特性要件.....	24
5.4.1	材質不動産開発におけるプロセス制御.....	25
5.4.2	L-PBF材料解析.....	25の変動のソースを組み込みます
5.4.2.1	ロットの要件とMPSの成熟度.....	25
5.4.2.2	使用される粉末ロットコントロール.....	26
5.4.2.3	異方性.....	26
5.4.2.4	影響因子.....	27
5.4.3	設計値を確立.....	28
5.4.3.1	設計値の構成制御.....	28
5.4.4	MPSにおける外部データの使用のための基準.....	28
5.4.5	コントロールリファレンスディストリビューションを処理.....	29

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：4の93

5.4.5.1	PCRDメンテナンス.....	30
6.	PARTの設計と生産制御要件.....	30
6.1	L-PBFの設計.....	30
6.1.1	パートの分類.....	31
6.1.1.1	失敗の結果.....	32
6.1.1.2	構造的需要.....	33
6.1.1.3	AMリスク.....	33
6.1.2	一般的な構造評価要件.....	34
6.1.3	破壊コントロール.....	34
6.1.4	統合された構造健全性の理論的根拠.....	35
6.1.5	認定テスト.....	36
6.2	パート生産管理.....	36
6.2.1	パート生産計画.....	36
6.2.2	立会試験要件.....	37
6.2.2.1	独立のための証人テストビルド.....	38
6.2.2.2	連続生産のための証人テストビルド.....	39
6.2.2.3	連続生産は、SPCの要件を構築.....	40
6.2.2.4	証人テスト受け入れにおけるPCRDの使用.....	41
6.2.3	生産技術のレコード.....	42
6.2.4	プリプロダクション条の要件.....	42
6.2.5	アディティブマニファクチャリングの準備レビュー.....	44
6.2.6	資格のパートプロセス、設立.....	44
6.2.7	資格のパートプロセス、修正.....	45
6.2.8	デジタル製品定義の制御.....	45を
6.2.8.1	一部のモデルの整合性.....	46
6.2.9	実行を構築する.....	46
6.2.10	計画ビルド中断.....	47
6.2.11	計画外ビルド中断.....	47
6.2.12	操作のビルド後.....	47
6.2.12.1	パウダー除去.....	47
6.2.12.2	AS-内蔵パート点検.....	48
6.2.12.3	支持構造の除去.....	48
6.2.12.4	プラットフォームの取り外し.....	48
6.2.12.5	加工.....	49
6.2.12.6	パートシリアライズ.....	49

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：93の5

6.2.12.7	マーキングパート.....	49
6.2.12.8	パートパッケージ.....	49
6.2.13	特定のコントロールを必要とビルド後の操作.....	49
6.2.13.1	表面処理.....	50
6.2.13.2	クリーニング.....	50を
6.2.13.3	酸素清潔根拠.....	50
6.2.13.4	溶接.....	51
6.2.13.5	熱処理.....	51
6.2.14	部品検査と受け入れ.....	51
6.2.14.1	手当や手順を修復.....	51
6.2.14.2	非破壊評価.....	52
6.2.14.3	非破壊評価、不適合項目は.....	52
6.2.14.4	非破壊評価、その場プロセスモニタリング.....	52
6.2.14.5	証明テスト.....	53
6.2.14.6	寸法検査.....	53
6.2.14.7	コンプライアンス・レコードの認定.....	54
7.	確立L-PBF材料特性の設計値.....	54
7.1	物理的および構造的性質.....	54
7.2	引張特性.....	54
7.2.1	比-派生プロパティ.....	55
7.3	疲労.....	56
7.4	破壊力学.....	57
7.5	応力破壊やクリープ変形.....	57
7.6	温度と環境影響.....	58
7.7	溶接.....	58

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：93の6

APPENDICIES

A.	パート生産計画の内容.....	59
B.	拡張解説.....	60
C.	MPSとPCRDの開発と利用.....	79
D.	暗号学的ハッシュ.....	87
E.	参照文書	89
F.	要件の概要表.....	91

TABLES

私。	構造的需要を決定するための評価基準.....	33
II。	L-PBFアディティブマニファクチャリング・リスクに対する評価基準は、34を.....	
III。	スタンドアロンの受け入れのために証人検体量が39	
IV。	スタンドアロンの受け入れのために証人検体受付方法.....	39
V.	連続生産SPC	40証人標本数量
VI。	連続生産SPC証人検体受付方法.....	40
VII。	例MPSデータ.....	80
VIII。	要件の概要.....	91

図

1。	MSFC-STD-3716用の局所概要.....	13
2。	主な製品やプロセス、MSFC-STD-3716	15
3。	主な製品やプロセスのシンボル伝説.....	15
4。	パートの分類.....	32
5。	MPSデータから設計値を実証.....	82
6。	定義された証人合格基準に証人データからPCRD	85

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造された宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：93の7

序文

このマーシャル宇宙飛行センター（MSFC）技術基準は、アメリカ航空宇宙局（NASA）が発行して、MSFCはMSFCプログラムのための標準として承認されているプロセス、手順、プラクティス、および方法のための均一なエンジニアリングと技術的な要件を提供し、項目の選択のための要件、アプリケーション、および設計基準を含むプロジェクト。

このMSFC技術標準は、契約、プログラム、プロジェクト、および他の機関の文書に引用され、文書だけで指定または参照範囲に適用することができます。アディティブマニファクチャリング（AM）は、航空宇宙の設計と製造パラダイムの多くを変革し始めています。層によって、インクリメンタル層を部品を構築するプロセスは、コストを削減する新しいデザインを可能にし、従来の航空宇宙ハードウェア開発サイクルの順番に挑戦します。既存の設計では、AMは、実質的に、特に宇宙飛行アプリケーションに共通数量限定で、複雑なハードウェアの製造コストを削減する独自の機能を提供しています。新しいデザインのために、従来の処理により、複雑な開発ハードウェアの製造に伴う高コストとリードタイムは、テストの失敗のプログラムへの影響を軽減するために細心の分析に完全な信頼を近業界を移動しました。AM処理の出現により、プロトタイプハードウェア設計は、航空宇宙システムのための体系的、インクリメンタル開発テストの役割を回復、スケジュールするために最小限のコストと影響で反復されます。

AMプロセスの独自の強みは、AM技術の応用につながると宇宙飛行産業を動機としています。航空宇宙システムにおけるAMの実装に関連付けられている最大の課題はないパラダイムを変えるのではなく、新しい、急速に変化する技術の安全な実装です。ほとんどの構造材料プロセスと比較すると、本発明の重要なアプリケーションへの実用化へのAMの実装のためのタイムラインの簡潔さは、前例のないです。

粉末床の融合（PBF）は、金属製の航空宇宙品質のハードウェアを製造するためのAMの工程のうち、現在のリーダーです。PBF工程において、金属粉末は、レーザーなどの高エネルギー源によって部分の形状に層毎に融合されます。一部の一つの層が熔融した後、追加の粉末の微細な層は次の層を作成する部分に分散されています。一部の構築プロセスが続くにつれて、一部は、このようにPBFプロセスにその名前を与え、金属粉のこの床内に載ります。複数の要因は、粉末粒子形状、レーザーパワー、粉末床内の熱条件、残留応力の発生として得PBF部分の品質に影響を与え、そしてチャンバー雰囲気構築することができます。

メタリックPBF部品は独自の冶金製品の形態です。他の冶金プロセス、粉末冶金、鋳造、溶接に類似性があるが、PBFの製品が生産されます

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：93の8

真の前例がありませんファッショインチ さらに、PBFプロセスはまだ一般的に体験し、より伝統的なプロセスのための科学的基盤を提供するサードパーティの専門家による増分洗練の長年の恩恵を受けていません。未知の故障モードは、PBFプロセスに残ります。そのため、いくつかの例では、このMSFC技術標準は、要件に保守的なアプローチを提供しています。このMSFC技術基準の要件が進化し、細心のプロセスとして、それを尊重しながら、AM技術とその利点を包含することを意図しています。

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造された宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：9の93

1. 範囲

1.1 目的

このMSFC技術標準は、高い信頼性を必要とする宇宙飛行アプリケーションにレーザー粉末床融合（L-PBF）添加剤の製造（AM）部品の実装のためのフレームワークを提供します。要件および指導の種類は、本明細書で一般に、NASA-STD-6016、標準材料として長年、幅広い機関規格を通じて徴収宇宙船の要件を処理しています。AMのためのNASA規格は現在開発中であることをNASA-STD-6016の状態の現在、セクション4.2.4.11; このMSFC技術基準は、その裁量でMSFCおよび他のセンターの権限の下での活動のためにその目的を果たすことを意図しています。NASA-STD-6016は、付加的にメーカーハードウェアの製造および資格計画のデータ要件の説明（DRD）をお勧めします。

L-PBF技術の現在の状態に関連するリスクを管理するための基礎と一部生産コントロールの定義されたシステムを提供するために、第一、第二、製品認識の首尾一貫したセットを提供する：このMSFC技術標準の目的は2つあるエンジニアリング組織（CEO）と庁は、各L-PBF部分のための場所では、リスクとコントロールの妥当性を評価するために使用することができます。

1.2 適用性

このMSFC技術標準は、レーザエネルギー源-L-PBFを使用して、粉末床の融合（PBF）プロセスを用いて金属ハードウェアの製造に適用可能です。

このMSFC技術標準は、NASAのプログラムやプロジェクトの裁量でL-PBFのハードウェアの開発と生産を管理するために徴収することができます。

検証要求文は、添加剤の製造要件（AMR）番号を与えられ、単語「条」で示されています。このMSFC技術標準は、65個の要件が含まれています。要求に関連付けられている説明またはガイダンステキストがNASAプログラムやプロジェクトにより要求選択および調整を容易にするために付録Bに設けられた更なる解説とインデントイタリック体で示され、要求サマリテーブルは、付録Fに設けられています。

1.3 仕立て

[AMR-1]特定のプログラムまたはプロジェクトに適用するため、このMSFC技術基準の要求の調整が正式プログラムやプロジェクトの要件の一部として文書化NPRに従って委任技術局によって承認されなければなりません

7120.5、NASA宇宙飛行プログラムとプロジェクト管理の要件。要件の仕立ては、セクション4.1あたりA MCPで文書化することができます。

[理由：このMSFC技術標準の要件の仕立ては、柔軟性を提供し、実装のコストを制御することが許可されています。文書化されていない仕立て結果

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：11の93

基本プロセス制御要件は、L-PBFプロセス資格、機器の制御及び操作、人材育成、及び設計値と将来の統計的プロセス制御（SPC）を監視するためのL-PBF材料性能の特徴付けのための方法を含みます。このMSFC技術標準は、基本プロセス制御の要件を定義します。しかし、冶金プロセスの資格、機器制御、およびトレーニングを実施するための手続き要件コンパニオン仕様に委任されている：レーザーパウダーベッドフュージョン冶金プロセスの制御および資格についてMSFC-SPEC-3717は、仕様。図2の破線のボックスは、基本的な制御及びL-PBFプロセスの資格のためにMSFC-SPEC-3717を介して実装内容を含んでいます。冶金プロセス制御のために、

資格のマシンと訓練を受けた事業者は、このMSFC技術標準で必要とされる重要な基盤のコントロールであり、MSFC-SPEC-3717を介して実装します。図2に独立して表されますが、彼らはどんな成功したL-PBFの動作に不可欠です。したがって、計画はコントロールが実装されている方法を定義する必要があります。機器および施設管理計画（EFCP）、仕様によって定義された基本的な内容は、開発及びL-PBF部品を製造する任意の設備によって維持されます。EFCPセットとL-PBF機および関連機器の認定、メンテナンス、およびキャリブレーション活動のための要件を適用します。機器のコントロールは、その事業者の訓練と同じくらい良いです。仕様は、QMSのレコードを実装し、追跡することが許容される職員の訓練プロトコルを定義します。

ポリシーおよびL-PBF材料特性の開発を支配する手順は、このMSFC技術標準内に留まり、材料特性スイート（MPS）のコンテキスト内で制御されます。MPSの概念は3つのエンティティを含む：最初、材料物性値の活発に維持されるデータベース。第二、導出及び証人の試験評価のためのSPC基準のセットを提供するプロセス制御基準分布（PCRD）を実装するために使用したデータベースのサブセット。部品設計プロセスをサポートするための材料設計値の及び第三の、積極的に維持セット。プロセスを監視し、設計値の整合性を実証するために、単純なSPCの概念を統合することで、L-PBFのプロセスに敏感な性質に対応するために必要な標準のユニークな点です。

基本プロセスコントロールが確立されると、L-PBF部品の設計と製造のプロセスが起こり得ます。図2の下半分に示されるL-PBF部分の生産に必要な動作の流れは、ほとんどの航空宇宙ハードウェア製造の典型です。AMのためのユニークなコントロールを持つこの設計と製造プロセスの流れにわずかな数の側面があります。これらは、以下の記述で識別されています。

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：12の93

部分はL-PBF生産のための候補として識別されると、部品設計は、AMプロセスに適合する必要があります。これは非自明なことができ、このMSFC技術標準を規定していないL-PBF設計手法 - それは一般的な落とし穴に対する注意のみに高レベルのガイダンスを提供します。このMSFC技術標準は、骨折制御、パート資格、およびL-PBF材料の製品形態に固有の設計プロパティのためのMPSの使用に関する政策を通じて、しかし、設計プロセスに影響を与えません。

部品設計および評価は、満期に近づくたら、分類システムは、部品に関連するリスクを評価するために使用されます。部品は部品検査実現可能性とL-PBF感度を構築するために占める故障、構造的な需要、およびL-PBFリスクの結果、上で分類されています。部分分類は一貫部リスクを通信し、制御の相応のレベルを設定するために使用されます。一貫性のある、標準化された分類システムは、内およびL-PBFの部品を使用するプログラム間の両方のリスクに対する一貫した政策や緩和策を維持するためにNASAを可能にすることが重要です。

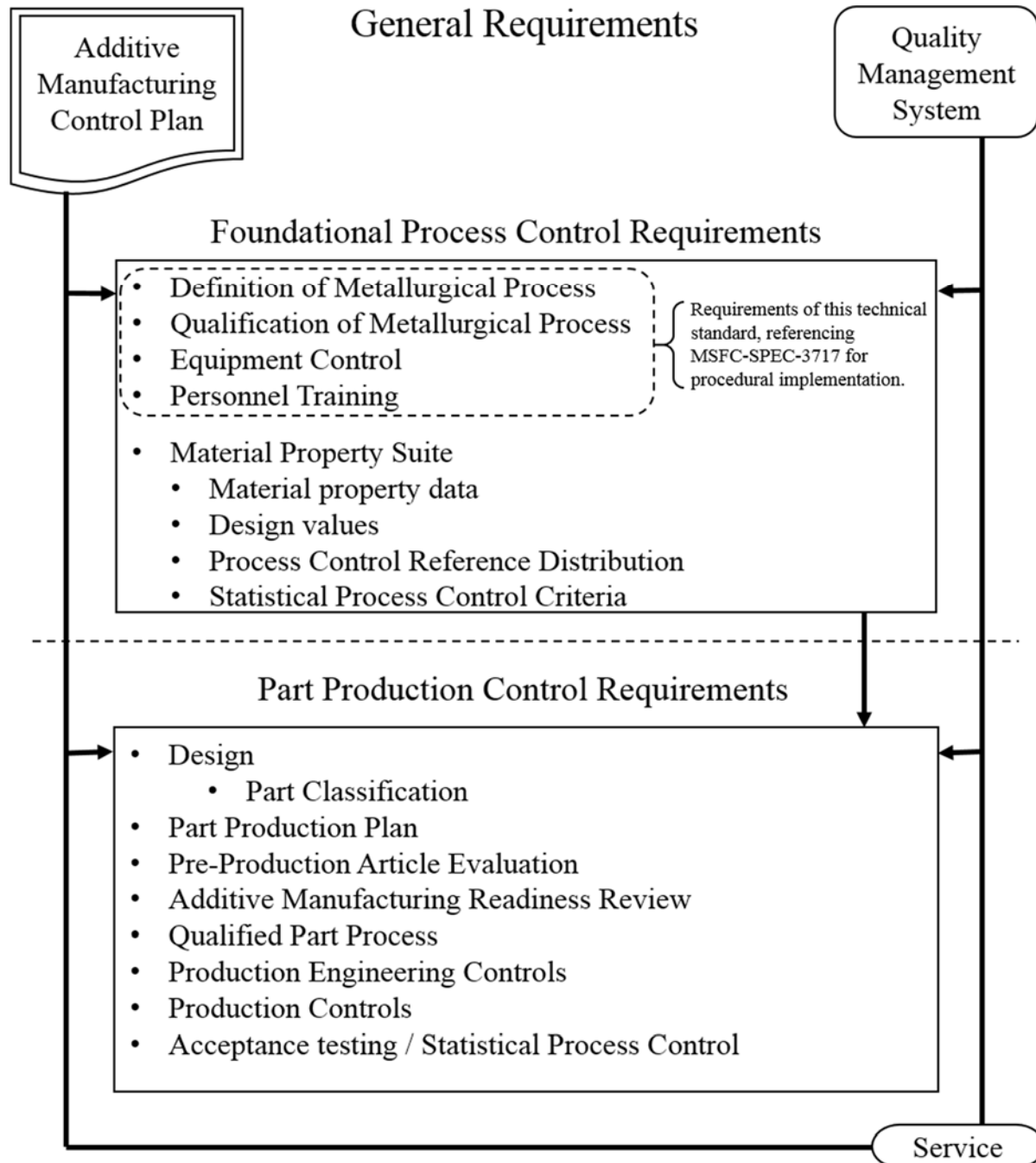
PPPを開発する必要がある原因AMプロセスに一意と考えることができるこの製造フローの一の態様です。PPPは、部品図面をコンパニオンとして機能し、理論的根拠を文書化し、一部のビルドの向き、適切QMP、証人のテスト要件、検査方法および制限、およびプルーフテスト方法のような項目を含む製造方法の実装。PPPは、製造に進む前にNASAの承認を必要とする送達製品です。そのため、PPPは簡潔一部の完全な設計と生産の意図を伝える必要があります。承認されると、描画やPPPの組み合わせは、完全なエンジニアリングの生産コントロールを確立するための基礎として役立ちます。

PPPは、プリプロダクションの記事のプロセスを指定するか、スタンドアロンの事前生産品の計画にあることを委任することができます。プリプロダクションの記事プロセスは、厳格さと、一度完全に実行するプリプロダクションの記事レポートの添加剤の製造準備のレビュー (AMRR) につながるされ、描画、QMP、および事前に取得するために使用されるすべての予備的なエンジニアリングの生産コントロール作製 - 記事。AMRRが成功したと判断される場合には、図面、電子ファイル、および生産技術のステップ及びシーケンスを含む部品製造のための全体の候補のプロセスは、ロックされたバージョン管理、および変更に対して守られてしまいます。このロック状態は、その後、一部の生産を制御するために使用される修飾パートプロセス (QPP) を定義します。プロセスの検証の数は、以下の、またはと同時に必要とされています 部品製造の最終段階。これらの検証は、定義された設計状態にパーツの受け入れのための証拠を形成します。最低でも、これらの検証は、一般的に利用できるビルドログのレビューおよびプロセス制御、寸法検査、表面および体積の完全性、実証テストの非破壊検査、およびビルドプロセス中に生成さ証人材料のテストを実証するために使用される関連コンテンツが含まれています。証人試料の評価は、MPSの一部として開発され定義されたパフォーマンスメトリックに統計的比較を介して全身のプロセス制御の証拠を提供します。このMSFC技術標準は、個々の部品の受け入れに基づく証人の試験スキームのためにまたは連続のための継続的なSPCの方法論として可能に 最低でも、これらの検証は、一般的に利用できるビルドログのレビューおよびプロセス制御、寸法検査、表面および体積の完全性、実証テストの非破壊検査、およびビルドプロセス中に生成さ証人材料のテストを実証するために使用される関連コンテンツが含まれています。証人試料の評価は、MPSの一部として開発され定義されたパフォーマンスメトリックに統計的比較を介して全身のプロセス制御の証拠を提供します。このMSFC技術標準は、個々の部品の受け入れに基づく証人の試験スキームのためにまたは連続のための継続的なSPCの方法論として可能に 最低でも、これらの検証は、一般的に利用できるビルドログのレビューおよびプロセス制御、寸法検査、表面および体積の完全性、実証テストの非破壊検査、およびビルドプロセス中に生成さ証人材料のテストを実証するために使用される関連コンテンツが含まれています。証人試料の評価は、MPSの一部として開発され定義されたパフォーマンスメトリックに統計的比較を介して全身のプロセス制御の証拠を提供します。このMSFC技術標準

MASTERのリストを確認し、これは使用前に、正しいバージョンであることを確認します

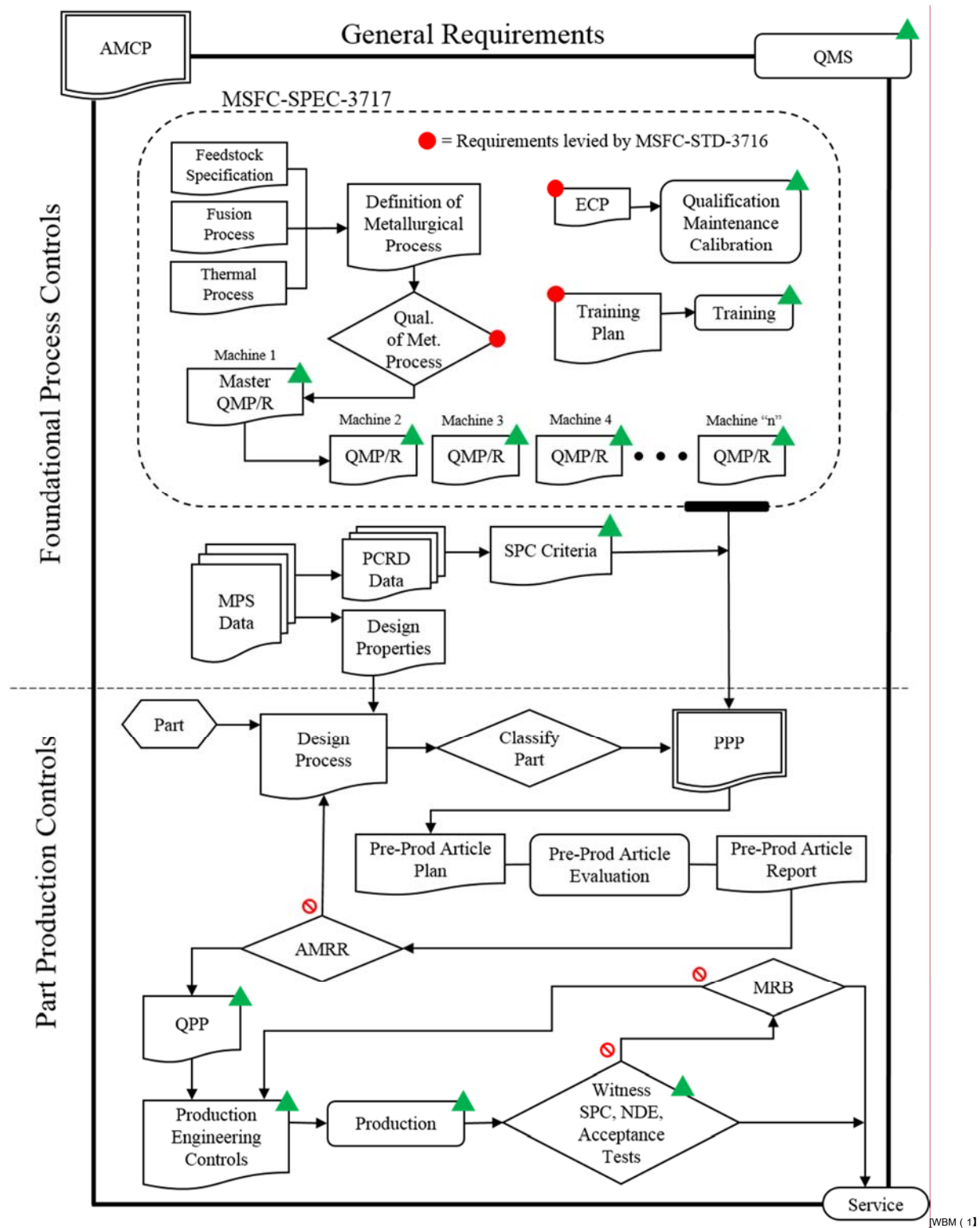
MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：13の93

オペレーション。SPCパーツの受け入れ方法の使用が一般的であるが、これは多くのNASAのハードウェアの生産のための新しいパラダイムを表すことができます。



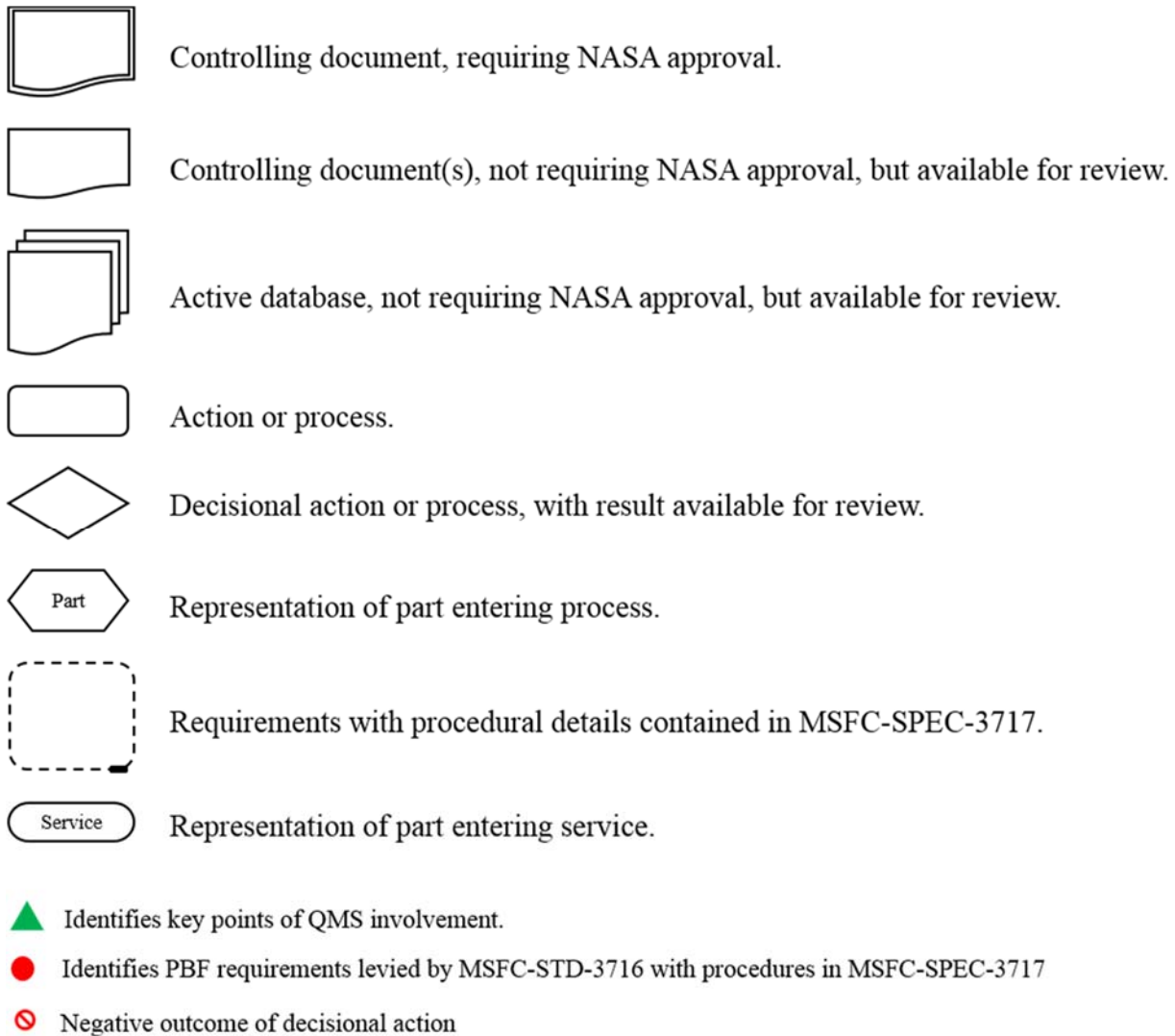
MSFC-STD-3716については、図1話題の概要

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：93の14



MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造された宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：93の15

図2. 主要製品やプロセス、MSFC-STD-3716



主要製品やプロセスについては、図3のシンボルの伝説

MSFC技術標準 EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造された宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：93の16

2. 適用文書

2.1 一般的な

このセクションに記載されている文書は、本文中に引用したように、このMSFC技術標準の要件を構成する規定を含んでいます。特定のバージョンが指定されない限り、引用文献の最新の発行が適用されます。特に指定されたバージョンの不使用を委任技術局によって承認されます。

該当する文書が提供された文書を取得するためのボディやその他の文書の代理店、または情報の開発規格から直接入手することができる、<https://standards.nasa.gov>でアクセス可能です。参考文書は、付録Eに記載されています

2.2 政府文書

NASA

NPR 7120.5	NASA宇宙飛行プログラムとプロジェクト管理の要件
NASA-STD-5001	宇宙飛行ハードウェアの安全の構造設計とテストの要因
NASA-STD-5017	メカニズムの設計と開発の要件
NASA-STD-5019	宇宙飛行ハードウェアの破壊制御要件
NASA-STD-6016	宇宙機のための標準的な材料とプロセスの要件
JSC 65828	宇宙飛行ハードウェアの安全の構造設計の要件と要因
MSFC-SPEC-3717	レーザー粉末床の融合冶金プロセスの制御と資格のための仕様

2.3 非政府文書

SAEインターナショナル

SAE AS9100の	品質マネジメントシステム - 航空、宇宙及び防衛組織の要件
-------------	-------------------------------

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造された宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：17の93

2.4 NASA規格準拠

[AMR-2]付加的に製造された部品は、プロジェクト課すべての統治基準の趣旨に適合しなければなりません。

[理由：この要件は、無音または特異性の欠如は、他の統治の規格にAMまたはL-PBFに関するという誤解を排除するには、これらの要件は、L-PBF部分には適用されませんを意味します。]

L-PBF部分とL-PBFプロセスの新規性及び独自性は、これらの要件からの免除を提供しません。このMSFC技術標準の要件は、L-PBF部分と支配する規格が沈黙しているプロセスに固有の側面を制御するために、これらのより広範な要件に加えて使用されています。高い統治基準のものとは異なり、このMSFC技術基準の要件は、これらの要件の意図を満たすために使用することができます。付録Bに、2.4節のための解説を参照してください。

3. 頭字語、略語、記号、および定義

3.1 頭字語、略語、および記号

%	パーセント
A2LA	試験所認定のためのアメリカ協会
AM	アディティブマニファクチャリング (およびバリエーション)
AMCP	アディティブマニファクチャリング管理計画
AMR	アディティブマニファクチャリングの要件
AMRR	アディティブマニファクチャリングの準備レビュー
CAD	コンピュータ支援設計
最高経営責任者 (CEO)	コグニザントエンジニアリング組織
CH	暗号学的ハッシュ
CIFS	重要な初期傷サイズ
履歴書	変動係数
ドット	運輸省
DPD	デジタル製品定義
DRD	データ要件の説明
EFCP	設備や施設管理計画
FAA	連邦航空局

MASTERのリストを確認し、これは使用前に、正しいバージョンであることを確認します

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：18の93

FIPS	連邦情報処理標準
FMEA	故障モード影響解析
HCF	高サイクル疲労
HIP	ホット静水圧プレス
IEST	環境科学技術研究所
に	インチ)
ISO	国際標準化機構
JSC	ジョンソン宇宙センター
L-PBF	レーザー粉末床フュージョン
ミリメートル	ミリメートル (S)
MMPDS	金属材料特性の開発と標準化
MPS	材料特性スイート
MRB	材料審査委員会
MUA	材料の使用契約
NASA	航空宇宙局
NDE	非破壊評価
NPD	NASAポリシー指令
NPR	NASA手続き要件
PBF	粉末床フュージョン
PCRD	プロセス制御基準分布
PPP	部品生産計画
パブ	出版
QMP	適格冶金法
QMP / R	資格の冶金プロセスレコード
QMS	品質管理システム
QPP	資格のパートプロセス
RFCB	責任破壊コントロールボード
SHA	セキュアハッシュアルゴリズム
SHS	ハッシュ標準を確保

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：19の93

SPC	統計的プロセス管理
SPEC	仕様
STD	標準
STL	ステレオリソグラフィー（ファイル形式）
UTS	究極の引張強さ

3.2 定義

アディティブマニファクチャリング：増分3次元コンピュータモデルからオブジェクトを作成するプロセスは、典型的には、材料ストックから、層毎。これは、機械加工などのオブジェクトを作成するために材料を取り除く減法製造技術と対比されます。ADJ。、付加的に製造され

アディティブマニファクチャリングの準備レビュー：L-PBF部分のすべての製造統制の成熟度の統合エンジニアリングのレビューは、すべての必要なプロセス制御と生産技術が完全かつ確実に認定された設計状態を満たす部品を製造するための場所であることを確認します。最低でも、AMRRチームが設計、構造評価、材料とプロセス、添加剤製造業生産、および安全性とミッション保証の分野の一部を認識し、個人が含まれています。成功した、文書化さAMRRはQPPになって一部の生産工程を画定します。

築きます：粉末床内のオブジェクトを作成するために、粉末床融合プロセスの単一の完全な操作。複数のオブジェクトは、通常、ビルド時に作成されます。

エリアを構築：融合プロセスが制御およびMSFC-SPEC-3717あたりQMPに修飾された構築平面内の領域。融合プロセスの品質レベルを維持するために必要な場合は、ビルド面積は、レーザーのフル届くよりも小さく定義することもできます。

ボックス/ビルドボリュームを構築：部品が確実に粉末床で製造することが可能なボリューム。ビルドボリュームが構築領域とビルドの最大高さによって定義されます。

ロットを構築：シングルビルド操作中に作成されたすべてのオブジェクト。

飛行機を構築：融合が粉末床の融合中に行われる面。一般に、ビルド面が固定され、ビルドプラットフォームは増分粉末床を作成するために下げられます。

プラットフォームの構築：粉末床融合オブジェクトが構築され、その上に平坦な固体材料ベース。

致命的な危険：直接傷害、または主要国家資産の損失を無効にする、人命の損失につながる可能性があり危険な状況が存在します。

認定デザイン州：検討し、すべてを満たすものとして確認された完全な、安定した設計状態は、安全かつ確実に意図したミッションを完了するための要件を徴収しました。

連続生産ビルド：任意の各ビルドおよびL-PBFマシンは、セクションのすべてのSPCの要件に従って監視され、追跡される連続した一連の内部構築

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：93の20

6.2.2.3、「連続生産ビルドSPCの要件。」連続生産が減少証人サンプリングの要件を持って構築します。このように、彼らには頼る前に、その後の構築し、定期的なSPC資格の総合性能の履歴は、プロセス制御の理論的根拠を立証するために、構築します。連続生産のシリーズは、さまざまな部分のために構築し、さまざまなを含むことが構築します。

コグニザントエンジニアリング組織：ハードウェアの認定設計状態を維持し、すべての課税要件に準拠したハードウェアを提供/確立する責任がある組織。

設計状態：一部のデザインを定義するために必要なすべての情報の収集は、部品の設計に準拠していることを確認し、デザイン性を確認するために必要な情報や証拠は、すべての操作と安全要件に準拠しており、デザインに準拠して部品を生産します。

設計値マージン：確立された設計値とTとの間の差⁹⁹
実証データに分布フィットの値。設計値マージン = $(T_{99} - \text{設計値}) / [(T_{99} + \text{設計値}) / 2]$ 。付録Cで、図5、MP Sデータから設計値の実証を参照してください。

疲労限度：疲労開始の失敗は疲労試験に基づいて、サイクルの定義された数にそうである下方に環状応力または歪み範囲。疲労限度は、一般的に10、多くの場合、ハードウェアのための実用的なサイクルカウント適切に定義されています⁷または10⁸サイクル。このMSFC技術標準の文脈では、疲労限度があると定義される $\geq 10^7$ サイクル。この時点で、付加的製造材料 (L-PBF) が耐久限度 (疲労寿命が無限であるの下環状応力レベル) を有するとは考えられません。

熱処理ロット：すべてのオブジェクトは、同じ装置で同時に完全な熱処理シーケンスを行いました。

独立したビルド：シリーズの構築連続生産の一部ではない任意のL-PBFビルド。インディペンデントは、前または後の結果のビルド独立したのSPC品質はL-PBFマシンからビルドを評価する能力を向上させ、追加の証人標本の要件を持って構築します。

L-PBFプロセスベンダー：公認設計状態の要件を満たすために、粉末床融合部品の生産を担当するエンティティ。L-PBFプロセスベンダーはCEOのCEOまたはサブベンダーと同義であってもよいです。

NADCAP™：以前NADCAP (国立航空宇宙および防衛請負業者認定プログラム)、航空宇宙工学、防衛、および関連産業のグローバル協力認定プログラム。

材料特性スイート (MPS)：L-PBF処理にSPCを実装し、維持するのに必要な材料試験データ、設計値、及び基準を含む合金、条件に特異的L-PBF材料特性情報の積極的な保持コレクション。

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：21の93

MPS、ロット熟女：5 (5) 独自の粉体原料ロットと統計的有意との境界が必要なすべての設計値に使用される多くのデータ間で名目上バランスの取れた分布を持つ10 (10) を構築し、熱処理ロットの最小値からのデータが含まれていMPS。節で述べたように、典型的な基準を使用して特性が7 A Lot-成熟MPSが設計値の使用を可能にするために組み込まれた、十分な変動が同等の粉末原料ロットで構築されたすべてのクラスの部分に適用されなければならない少数のロットとロット成熟を考えることができます適用によって制御される、QMPを登録。セクション5.4.2.1およびロット暫定MPSの定義を参照してください。

MPS、ロット暫定：5個未満 (5) 独自の粉体原料ロットからのデータが含まれているMPS 10 (10) を構築し、熱が多くを治療および/またはLot-考慮すべき大量のデータの十分な数の間で名目上バランスの取れた分布を示すものではありません熟MPS。セクション5.4.2.1に必要とされる暫定MPSは、使用上の制限があります。ロット熟MPSの定義を参照してください。

部：設計状態によって定義される基本的な単位またはオブジェクト。資格の一部プロセスは、ビルド中に複数の部品を含むことができます。

粉末床フュージョン：選択的に融合する高エネルギー源を使用し、添加剤の製造プロセス、層ごと、粉末床の部分。

パウダーロット (また、粉末混合物ロット)：同時に同じプロセスおよび装置によって製造され、そしてブレンドした公認粉末プロデューサによって供給される粉末の量。すべての加熱は、独立して粉末仕様を満たすとき、混合粉末の多くは、粉末の複数の加熱が含まれていてもよいです。

自己支持構造 (サポートされていない限度)：その下の支持構造物を必要とせずに張り出した状態で構築することができるパーツの特徴。張り出し部の機能を実際に支持構造なしで構築することができる最大角度は、サポートされない限界です。

サポート体制：、オーバーハング形状を固定寸法安定性を提供し、ビルド時に粉末床内の適切な温度管理を促進するために使用部分と共に内蔵補足、犠牲材料。

T₉₉：少なくとも99パーセント (%) 集団に等しいまたは95%の信頼度でこの値を超えたことを示す材料特性データに統計分布フィットの下限公差のために指定。詳細については金属材料特性の開発と標準化 (M MPDS) を参照してください。

ユニークなビルド/熱処理ロット (材料特性の多くの要件)：ビルドまたは熱のいずれか御馳走ロット共通性を持たない材料。

証人ライン：粉末床融合プロセスの定常状態の動作の変化を示すビルド層平面に沿って視覚的境界。境界は、ジオメトリシフト、表面性状の変化、着色の変化、または任意の他の別個の非均一であってもよいです。

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造された宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：22の93

可能な限り、このMSFC技術標準はによって確立された、または、国際標準化団体と一貫として用語を使用しています。添加剤の製造座標系とテスト方法論のためのISO / ASTM 52921、標準用語を参照してください。

4. 一般要件

4.1 アディティブマニファクチャリング管理計画

[AMR-3] L-PBFのハードウェアの設計及び製造を担当するCEOは、次のそれぞれを達成AMCPを提供しなければなりません。

- A. ドキュメントこのMSFC技術の要件のそれぞれの実装標準。
- B. ドキュメントとこのMSFCの要件のいずれかが仕立てのための理論的根拠を提供技術標準。
- C. 文書によってこれらの要件の遵守を制御するのに使用される方法下請業者やベンダー。
- D. このように一度、そのL-PBFの実施のための完全なガバナンスを提供調達機関によって承認され、AMCPはL-PBF要件の検証に用いた文書となります。

[理由：AMCPはこのMSFC技術標準の実装で行われた決定を文書化する必要があるとL-PBF要件に関する最高経営責任者（CEO）のための統治文書になります。]

AMCPは、独立した文書として、または材料の一部として提供され、NASA-STD-6016あたりの選択、制御及び実施計画を処理し、そのようなNASA-STDあたりの破壊コントロールプランのような他の承認された、支配計画に制御内容を参照することができることができます-5019、宇宙飛行ハードウェアの破壊制御要件。液体のためのNASA-STD-5012、強度と寿命評価要件ごとの構造的評価計画は、スペース推進システムのエンジンに燃料を供給し；JSC 65828あたりや構造検証計画、構造設計の要件と宇宙飛行ハードウェアのための安全率。

4.2 品質管理システム

Lの設計と製造に関わる全てのエンティティで、航空宇宙および防衛組織の要件、または承認された同等の場所にあり、アクティブ - [AMR-4]最高経営責任者（CEO）は、SAE AS9100、品質マネジメントシステムに準拠したQMSを確保しなければなりません-PBFハードウェア。

[理由：QMSは、必要なプロセス・コントロールを確保し、非コンプライアンスに関連するリスクを軽減するために必要とされます。AS9100 QMSの要求は、L-ので、強制され

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造された宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：93の23

PBFプロセスは、製品の信頼性のためのプロセス制御に重要な依存によるNASA品質保証プログラムポリシー、NPD 8730.5あたりの「複雑な」と考えられています。クラスAでL-PBF部品もNPD 8730.5あたりの「重要」と考えています。]

4.3 ベンダーコンプライアンス

[AMR-5] AMCPによって実現および適用QMSを通じて確保ように、すべてのベンダーが提供する製品およびサービスは、このMSFC技術標準に準拠していることを確認しなければならないCEO。

[理由：最高経営責任者（CEO）は、L-PBF部品を生産する側面のためのベンダーに依存していることが予想されます。部品の品質は、プロセスの任意の段階で損なわれる可能性があります。この要件は、製品またはサービス、このMSFC技術標準のコントロールに準拠していないベンダーの使用を排除します。]

このベンダーの要件は、L-PBFプロセスベンダーに限定されるものではなく、L-PBF部分の設計及び製造のプロセスに関与するすべての潜在的なベンダーとサブベンダーに延びていません。例えば、ベンダーは部品加工や最高経営責任者（CEO）によって承認され、NADCAP™、試験所認定のためのアメリカ協会（A2LA）、または他の全国を通じて認定されることが期待される証人テスト（例えば熱処理として、機械的試験、または化学的分析）を提供します認定機関を受け入れました。付録Bで最高経営責任者（CEO）とL-PBFプロセス・ベンダーの役割に関する追加の解説を参照してください。

5. 基礎的プロセス制御の要件

5.1 適格冶金法

[AMR-6]全てのL-PBF部分はMSFC- SPEC-3717に従って開発QMPに生成されなければなりません。

[理由：L-PBF処理資格を確立し、プロセスの制御を維持する必要があります。]

5.2 機器制御

[AMR-7]はL-PBFプロセスに不可欠すべての機器は、MSFC-SPEC-3717に従って開発EFCPの制御下になければなりません。

[理由：適切な資格、キャリブレーション、およびL-PBF機器およびその関連機器の維持管理は、信頼性の高いL-PBFのハードウェアの生産に不可欠です。]

5.3 人材育成

[AMR-8]人事動作L-PBF装置は、又はL-PBFプロセスに直接影響を有する他のロールで、MSFC-SPEC-3717に従ってトレーニング認定を持たなければなりません。

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：93の24

[理由：適切な訓練を受けた担当者はL-PBF機器・設備の信頼性の高い動作に不可欠です。]

L-PBFプロセスに直接影響を持つ他の役割の例としては、電子ビルドファイルの作成、または微細構造を構築してL-PBFの評価を含むことができます。

5.4 材料特性の要件

[AMR-9]各L-PBF合金及び条件に固有の材料特性が開発され、以下に従ってCEOによってMPSとして維持されなければなりません。

A. ドキュメントの開発、実装、および保守を実証

MPSは、材料の使用契約 (MUA) NASA-STD-6016のプロセス、または他の受け入れレビューおよび承認機構を介してレビューおよび承認のために提出されます。

B. 材料特性の設計値、PCRDs、およびMPSの支援データが作られています

要求されたとしてNASAのレビューのために利用できます。

[理由：L-PBFの製品形態に固有の材料特性とそのユニークな特性は、信頼性の高い構造設計評価のために必要とされます。設計値の一式を維持し、その支援データは、プロセス制御を監視するために使用される基準の基礎を提供します。]

このMSFC技術標準では、材料特性は、設計とプロセス制御の両方において役割を有するとMPSとして維持されます。MPSは、4つのエンティティで構成されています。

特定L-PBF合金材料条件のために開発1.材料特性データ、

2.構造の評価に使用されるデータから導出された設計値、

材料の公称性能と多様性を記述するためのデータから導き出さ3. PCRDs、および

PCRDに基づいて前記SPC基準は設計値の完全性が維持されることを保証するためにL-PBFプロセスを評価する際に使用されます。

それは2つの目的を果たすため、このMSFC技術標準における機械的性質のコレクションは、一意の名称、MPSを与えられた：プロセス制御に使用するための期待されるパフォーマンスの基準を作成し、設計値を確立します。従来の材料のために、プロセス制御と設計値との間の統計的関係は、時間内の瞬間に評価され、そしてめったに再検討しません。対照的に、このMSFC技術標準の方法で、新しいプロセス制御データは連続的に監視し、プロセスがクリープされていないことを実証する参照データと比較されます。このモニタリングを使用する活動は、多くの証人のテスト、新しいマシンの相関性試験、メンテナンス後にマシンの再認定、およびマシンまたはプロセスのアップグレードが含まれます。

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造された宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：93の25

MPSは、構造解析で使用するための材料特性、信頼性の要件の意図を満たしています。

5.4.1 材質不動産開発におけるプロセス制御

[AMR-10]プロセスコントロールはL-PBFに施行するには、クラスB1部に相当する試料と受け入れ基準にQMPと証人テストの使用を含む、物質特性化のために使用されるビルド。

[理由：材料特性が定義され、制御されたプロセスで製造材料に発生する場合にのみ、信頼性があります。]

L-PBF特徴付けビルドは、所与のL-PBFプロセスまたはプロセス制御ベースラインデータを展開するためのMPSの集団をサポートするための材料を製造するために使用される任意のビルドとして定義されます。制御されたL-PBFプロセスは、材料特性の開発の前提条件です。そのため、特性はMSFC-SPEC-3717ごとに開発されたQMPに従って構築します。(MSFC-SPEC-3717にもQMPブートストラップを参照してください。)特徴付けのためにL-PBF材料を製造するためのプロセス制御の要件と前提条件は、部品に必要なものと同様です。一部の分類上のセクション6.1.1を参照してください。

5.4.2 L-PBF材料解析の変動のソースを組み込みます

L-PBF材料の潜在的な変動の多数の源があります。などの組み込み面及び薄切片のような粉末原料ロット変動、粉末原料の再利用の制限、異方性、およびL-PBFプロセスの影響要因、このセクションの識別と試みは、共通のL-PBF材料との懸念を緩和します。

5.4.2.1 ロットの要件とMPSの成熟度

[AMR-11] MPSは、粉末原料ロット変動を組み込むものとし(セクション3.2、定義を参照)で表されるロットの数に基づいてロット成熟MPS又はロット仮MPSのいずれかとして同定され、その結果：

- A. ロット熟MPSからの設計値は、で構築されたすべてのクラスの部分に適用されます
粉末原料ロットを等価的に適用することによって制御され、QMPを登録し、
- B. ロット暫定MPSから設計値が構築され、クラスBの部分にのみ適用されます
直接MPSと承認、part-特定のMUAで表現粉末原料多いです。

[理由：粉末原料のばらつきがあっても仕様限界内で、L-PBFプロセスによって製造された材料の性能の変動をもたらします。従って、可変のこのソースは、信頼性の高い構造評価のための設計値に組み込まれなければなりません。]

MASTERのリストを確認し、これは使用前に、正しいバージョンであることを確認します

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：26の93

ロット仮MPS、ロット成熟MPSのために必要とされるよりも少ないロットを含む、承認された、部分固有MUAとクラスBの部品に使用することができます。承認されるためには、MUAはロット暫定MPSは、品質と設計値の統計的有意性の情報に基づいた技術評価を行うために十分なデータの量を持っていることを実証することが期待されます。MUAは、部品の製造に使用される原料のロットは、典型的には、人口の15%の最小値とし、MPSに意味のある表現を有することを実証することが期待されます。

付録Bにはさらに多くの成熟度に関するセクション5.4.2.1のための解説とMPSの進化を参照してください。

5.4.2.2 使用される粉末ロットコントロール

[AMR-12]粉末原料の再利用のための指標の制限が確立され、次のことを確実にするために実施されなければなりません。

- A. 材料性能に対する再利用の効果はどちらが無視できるように実証されている、または限定的再利用状態を表す材料特性データは、MPS集団に直接組み込まれています。
- B. 部品リユース制限の指標を超えた粉体原料でビルドされていません。
- C. 粉体原料の再利用の影響を組み込むための方法論
MPSの設計値が5.4あたりMPS法を実証MUAの一部として記載されています。

[理由：L-PBFプロセスは副産物、酸素または燃焼のような汚染物質を導入し、粉末の形態およびレオロジー特性を変化させることにより、再利用して粉末原料を分解する可能性を有します。従って、粉末再利用効果の理解が必要であり、L-PBFプロセスは、部品の品質に影響を与えることから、粉末の再利用を排除するように制御されるべきです。]

粉末の再利用の効果は、合金特異的です。従って、意図はQMPによって識別粉末原料仕様に調達材料のみを使用して、材料特性上の粉末の再利用効果を評価することです。

CEOは、L-PBFプロセスベンダーと協力して、定義され、この要求に応じて適用された粉末原料再利用メトリックを確実にする責任があります。期待は、再利用メトリックの有効性は、材料性能に粉末原料の再利用の影響を特徴付けるまたは限定的再利用メトリックに粉末材料の性能にほとんど影響を与えることを実証している専用のテストプランとそれに続くデータを通じて立証されていることです。

5.4.2.3 異方性

MASTERのリストを確認し、これは使用前に、正しいバージョンであることを確認します

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造さ宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：27 of 93

[AMR-13] MPSは、の一部として記載さ適用QMPと設計値に異方性を組み込むためのアプローチ、または境界等方性の仮定の根拠を生成L-PBF材料の異方性の存在を評価するために必要な支援データを含まなければなりませんMUAは、セクション5.4あたりのMPSの方法論を実証します。

[理由：L-PBFプロセスがコントロールはこの影響を最小限に抑えるために所定の位置にない限り、異方性材料を得プロセスの可能性が高い方向性プロセスを用いて材料を作成します。そのため、異方性の影響を定量化し、適切な設計値をレンダリングすることは、有効な構造的完全性の評価に重要である。]異方性の評価が可能にするために、ビルドの向きは常にすべての材料特性の開発活動のために特定され、維持されるべきです。

MSFC-SPEC-3717における冶金及び熱プロセス要件の目的は、異方性を最小にすることです。境界向きの値が使用され、異方性が無視できるような実証されている場合MPSにおける支援データから開発設計値は、典型的には、配向により特性の5%未満の差として受け付け、特定の向きである必要はありません。異方性が無視できない場合には、orientation-特定の特性が要求されており、複雑過程で一部の資格が続きます。

付録B. セクション5.4.2.3のための解説を参照してください。

5.4.2.4 影響因子

[AMR-14] MPSはMPSに組み込まれ、各識別された影響因子を有する材料の性能およびそれに関連する設計値に影響を与えるL-PBFプロセスに関連する同定された因子の評価得られた材料を含むものとその影響を評価するための方法は、セクション5.4あたりMPS法を実証MUAの一部として記載しました。

[理由：L-PBF材料とその性能はL-PBFプロセス自体の性質から分離することができません。。従って、潜在的に材料性能借方につながるプロセスの影響を識別し、MPSの設計値に組み込まれなければならない] MPSで予想される影響因子の評価の例として：

- A. 表面テクスチャの効果は、材料としての性能上、として内蔵または改善します
特に疲労でのビルドの向きの機能、
- B. 幾何学を含む薄切片のパフォーマンス上のように構築された表面テクスチャの影響、
実現断面だけでなく、機械的性質の影響の影響、
- C. によるビルド全体で空間的に発生した微細構造の違いの影響
粉末床の熱履歴、スキャン戦略、またはパス間温度の影響、

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：28の93

D. ビルドプロセスの一時停止の影響とQMP-で手当を再起動します

効果は、材料の性能上無視できる、とデモンストレーション、

電子。以下のために必要な非標準構成の試験片形状の影響

影響因子又はプレス産品の評価と同様の部分から採取された材料の評価の評価。

セクション7.2.1に記載したように、これらの効果は、比試験方法により評価することができる、または特性は、これらの影響因子に対応するために、独立して開発することができます。付録B.セクション5.4.2.4のための解説を参照してください。

5.4.3 設計値の確立

各L-PBF合金及び条件に固有[AMR-15]材料特性の設計値は、構造評価のために必要なすべての適用可能な特性および環境のための要件及び第7のガイダンスに従って、実証別段の開発、またはされなければなりません。

[理由：材料特性の設計値は、L-PBFプロセス及び材料条件と異なることになります。従って、各L-PBF合金及び条件に具体的な設計値は、信頼性の高い構造の評価を可能にするために確立されなければなりません。]

5.4.3.1 設計値の構成制御

[AMR-16]材料特性の設計値は、MPSの一体部分として構成制御下に維持されなければなりません。

[理由：設計値は、設計と解析のコミュニティに利用可能になるMPSの最終製品です。従って、播種コンテンツの構成制御を維持する方法は、設計評価において、コンテンツの信頼性の高い使用を確保する必要があります。]

5.4.4 MPSにおける外部データの使用のための基準

[AMR-17]このような従来の産業又は政府データとしてこのMSFC技術標準の管轄外で生成された材料特性データは、MPSに組み込む前に、以下の基準のそれぞれを満たさなければなりません。

- A. プロパティは、L-PBFプロセスにより製造された材料から生成されます。
- B. トレーサビリティの認証レコードは、原料の化学的性質や熱のために用意されている処理作業。
- C. 特性は、冶金学的条件（熱処理で試験材料から生成されますそしてMPSに登録QMPsによって定義されたものと同等の微細構造）。

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：29の93

D. トレーサビリティの認証レコードが利用可能な材料の内部を示しています
品質と最終微細構造。

電子。試験片の形状およびビルド姿勢が定義されています。

F. 材料試験方法を規定する仕様が定義されています。

グラム。外部データは、設計値を可能にするために、実際のテスト結果の形で提供され
PCRD基準が確立されるか、独立して検証します。

時間。デモアクティブQMP (s) は、微細構造における材料等価物を生成することと
MSFC-SPEC-3717の登録プロセスに基づいて機械的性質。

私。これらの基準のそれぞれを文書MUAが承認されています。

[理由：技術が成熟するにつれてMPSへのL-PBF材料特性のために前のデータベースの取り込みは、標準的な練習になります。これらの基準は、データベースがこのMSFC技術標準によって要求されるプロセス制御に追従するのに十分な情報を含んでいることを確認します。]

5.4.5 プロセスコントロールリファレンスディストリビューション

[AMR-18]証人標本プロセス制御で使用される材料の性質のためにPCRDs各MPSのために確立され、維持されなければなりません。

[理由：L-PBFのための材料の性能の一貫性を維持するには、構造的完全性に不可欠です。この制御は全てL-PBF操作のために維持されることを保証するためにはプロセス性能を評価することが可能な期待される材料の性能の基準の定義を必要とします。PCRDは、この基準を与えます。]

PCRDは、MPSに登録QMPを用いて製造された材料のためのL-PBFプロセスの名目期待される性能を規定します。PCRDはまた、L-PBFプロセスを監視するために使用証人試料の評価のための許容基準を定義します。名目上は、4つのPCRDs各MPSのために定義されている：極限引張強さ (UTS)、固定された環状のストレス条件での強度、伸び、及び疲労寿命をもたらします。PCRDsとそれに関連する受け入れ基準は、MPSの一部として、または独立したレコードとして文書化されています。

PCRDために使用される分布のタイプは、このMSFC技術基準によって決定されていません。分布は、データへの分布のフィットの品質に基づいて選択する必要があります。任意の適切な分布および関連する特性パラメータは、PCRDを定義するために使用されてもよいです。

プロセス制御証人サンプリングにおけるPCRD概念の使用に関する解説はこのMSFC技術標準のセクション6.2.2.4で説明されています。

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造された宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：30の93

付録Bおよび付録CでPCRC開発の例では、セクション5.4.5のための解説を参照してください。

5.4.5.1 PCRDメンテナンス

[AMR-19] PCRDsを更新するための方法論および間隔が文書化MUAの一部として承認とPCRDsは、データの新しいソースを組み込み、PCRDsとMPSにおける設計値との間の互換性を維持するために定期的に更新されなければなりません5.4節あたりのMPSの方法論を実証します。

[理由：MPSに関連付けPCRDsは、データが追加される多様性を反映して、MPS内のデータの現在の、進化の状態を表すように意図されています。正確MPSの状態を表現するために、PCRDsを更新する必要があります、合否判定基準としての使用を考えると、PCRDsは、MPSにおける設計値の整合性を保つ値を維持しなければなりません。]

PCRDの更新が進行中の証人試験またはさらなる特性決定の取り組みからのデータの新しいソースとの継続的なL-PBFプロセス制御の不可欠な部分であると考えられます。PCRDsを更新するための推奨される間隔は、ロコミを三ヶ月で証人セットがPCRDを満たすために失敗したときに促しました。最初は、ばらつきがPCRDデータセットとの調整に欠けていることも多くは期待することができます。PCRDが調整されるたびに、慎重な検討が保証されています。PCRDの受け入れ基準を満たさない証人の標本データは、特に注意が必要です。レビューと証人テスト障害に関連した非標準の配置の一部として、障害の証人データがPCRC更新プロセスから包含または除外のためにマークされる必要があります。既知の関連付けられたデータを失敗すると、このような機械的テスト・エラーなどの非関連のプロセスのエスケープは除外することができます。是正措置がとられている場合熱処理エラーを排除することができるようユニークなプロセスに関連付けられたデータを失敗することは、エスケープ。具体的な根拠は除外を正当化するのに利用可能でない限り特定し、修正プロセスの脱出に関連付けることができない障害が発生したデータは、PCRD更新に含まれるべきです。失敗した証人片を使用-そのまま処分を与えられているビルドに関連付けられている場合、これは特にそうです。

6. 部品設計と生産管理の要件

このセクションでは、L-PBFのハードウェアの設計、開発、評価、テスト、および受け入れを管理する要件を提供します。トピックは、一部の分類、構造評価、骨折コントロール、統合された構造健全性の理論的根拠、購買力平価、QPP、およびモデル品質の制御を管理するポリシー、実行を構築し、ビルド後の操作が含まれます。

6.1 L-PBFのためのデザイン

MASTERのリストを確認し、これは使用前に、正しいバージョンであることを確認します

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：31の93

L-PBFプロセスのユニークな側面の宿泊は成功したのL-PBF部品設計のために必要とされます。L-PBFデザインの実践のための具体的な要件は、このMSFC技術標準の範囲内ではありません。しかし、このMSFC技術標準の要件は、設計プロセスの役割を果たしてください。このセクションでは、L-PBF部品設計と評価の中に組み込まれている要件を特定します。

添加剤の製造のためのデザインは、新たに開発し、規律あります。AMの設計者は、サブトラクティブ製造（加工）のための伝統的な金属製のデザインに共通するものを超えて、プロセスの要因を考慮する必要があります。例えば、AM設計の信頼性と性能が大幅にそのような自己支持構造における表面仕上げのような微妙な要因によって影響され得ます。デザインの革新、軽量化、及びコスト削減のための動機を越えて、AMデザイナーの目的は、収容、プルーフテストの妥当性のための自立性、デザイン、使いやすさと粉の除去、検査のためのデザイン、設計の検証を介して支持構造物を最小限に抑えて部品の信頼性を含める必要があります。AMは、仕上げ作業のための手当をパーツと必要な証人検体のポリウムを構築し、そして、表面の質感を制御したり、表面性状の改善のためのアクセスを提供します。AM設計の品質は、そのコスト削減、重量の節約、または単独で幾何学的複雑さではなく、信頼性の高いAM実装の実用性に影響を与える上記のすべての要素に基づいて判断されていません。

6.1.1 パートの分類

[AMR-20]全ての部品が故障、表Iあたり評価構造需要、および表IIあたりの評価添加剤の製造リスクの結果に基づいて、図4に係る分類を割り当てなければならないです。

[理由：その分類は、故障の結果、構造的需要、及びL-PBF関連するリスクのために定義されたメトリックを介して一部リスクの一貫した評価を可能にするために必要とされます。慎重に定義された一部のクラスがなければ、効率的かつ正確内やプログラム、プロジェクト間でL-PBF部品に関連するリスクを測る能力、およびサプライヤーは見合っていないか、一貫していないのどちらかであるリスク緩和策で、その結果、失われます。]

分類システムは、L-PBF部分に関連するリスクを定義し、通信するために一貫性のある方法を確認します。このMSFC技術標準を通して、これらの分類は、プロセス制御、資格、および検査の適切なレベルを決定します。図4、パート分類は、分類システムを示す図です。一部分類システムは、相対リスクに基づいてL-PBF部分を指定するために2層システムを使用します。アルファベットクラスは故障の結果によって決定され、クラスAは、高さ、およびクラスBが低です。クラスAおよびBの数値的なサブクラスは、部品と部品のL-PBFの実装に関連するリスクに構造的需要の組み合わせによって決定されます。

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：32の93

分類システムは、最初の部分のリスクを評価する際に一般的に尋ねた三つの主要な質問から茎：

- 1。一部に障害が発生した場合はどうなりますか？
- 2。ストレス環境がどのように厳しいのですか？
- 3。どのように困難な部分のデザインがあり、それは確実に検査することができますか？

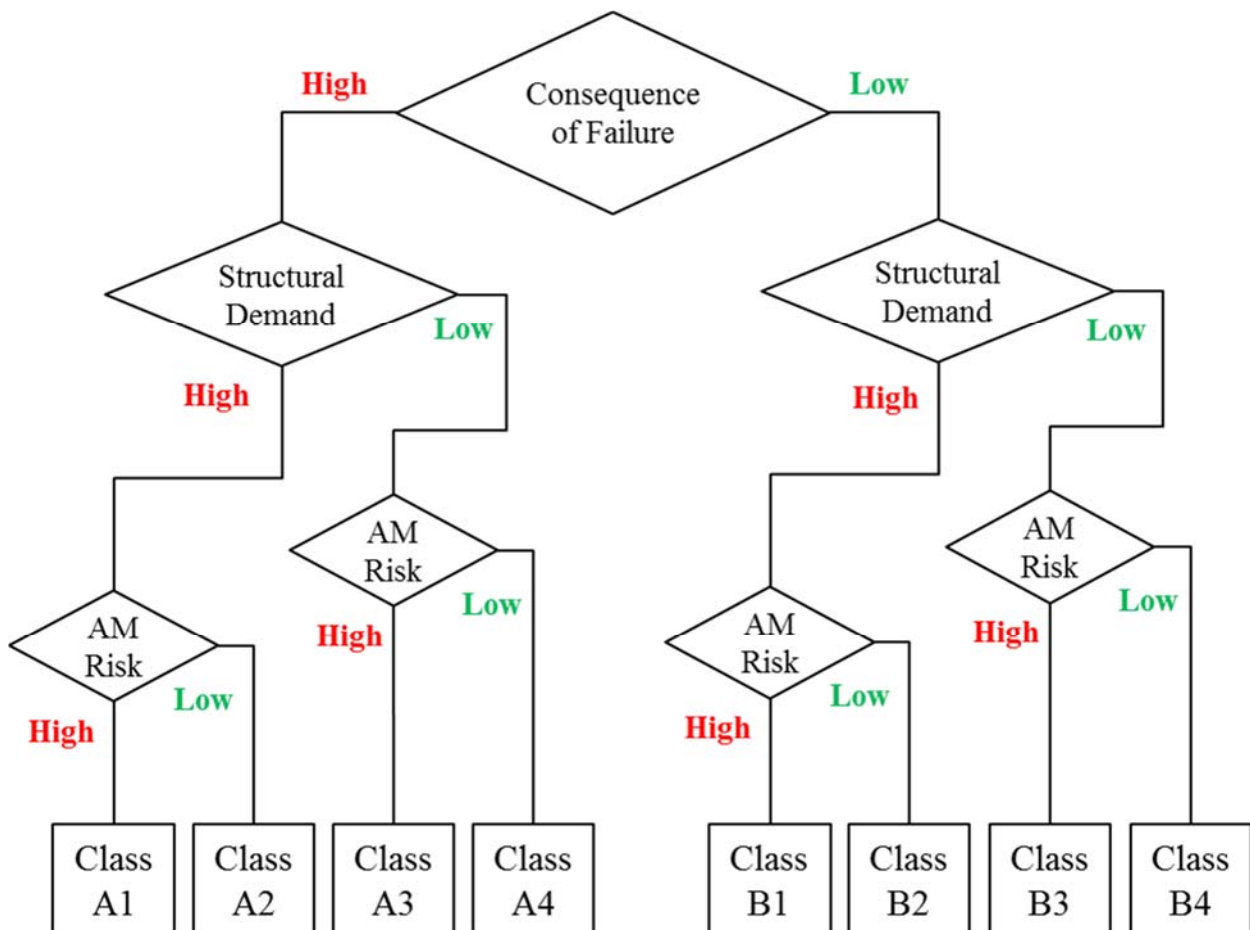


図4.パートの分類

6.1.1.1 失敗の結果

L-PBF部分のうちの第1分割が部品の故障の結果に基づいている：一部の障害が致命的な危険を作成する場合、失敗の結果は、高い（クラスA）が割り当てられます。そうでない場合は、故障の結果は、低（クラスB）が割り当てられます。

MASTERのリストを確認し、これは使用前に、正しいバージョンであることを確認します

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：33の93

付録B.セクション6.1.1.1のための更なる解説を参照してください。

6.1.1.2 構造的需要

構造的な需要は、クラスAとクラスB内に一部が構造的需要を決定するために、表I、評価基準で示される最低要件と比較されているにも適用可能各構成評価基準をサブクラスを決定するための最初の評価です。すべての構造評価の要件を満たしているか、表Iのそれを超えた場合、その部分は低い構造的需要を持っているとみなされ、割り当てられているいずれかのサブクラス3が

4.表の構造評価要件のいずれかがIが満たされない場合は、一部が割り当てられたいずれかのサブクラス1または2より高い構造的需要に基づいています。表の基準は、私はL-PBF部品の構造設計の要件ではありません。これらの基準は、唯一の構造需要を評価することにより、部品の分類を決定する際に使用されています。付録B.セクション6.1.1.2のための追加の解説を参照してください。

表I.評価基準は、構造的な需要を決定します

材料特性	低構造の需要のための基準
ロード環境	まあ定義または負荷環境を有界
環境悪化	温度のみによるもの
終局耐力	最小マージン* ≥ 0.3
降伏強度	最小マージン* ≥ 0.2
ポイントひずみ	ローカル塑性ひずみ < 0.005
高サイクル疲労、改善されたサーフェス	(必要な因子を含む)、環状応力範囲適用疲労限度の80% \leq
高サイクル疲労、のように構築された表面	(必要な因子を含む)、環状応力範囲適用疲労限度の60% \leq
低サイクル疲労	いいえ予測巡回塑性ひずみありません
破壊力学ライフ	20倍の寿命係数
クリープひずみ	いいえ、予測クリープひずみありません

$$\text{証拠金} = [(\text{設計}) / (\text{操作} \cdot \text{安全係数})] - 1.$$

6.1.1.3 AMリスク

すべてのクラスAおよびクラスBの部分の最終的なサブ分類は、L-PBFリスクに基づいています。L-PBFリスクは、L-PBFアディティブマニュファクチャリングのリスクについては、表IIに示された基準、評価基準で採点されます。合計L-PBFリスクスコア ≥ 5 は、その後の部分は、高いL-PBFリスクが割り当てられ、サブクラス1又は3に配置される場合、低L-PBFリスクを有する部分は、より低いスコアはより低いリスクに等しいサブクラス2または4に配置されます。

こうした以前には不可能ジオメトリ、部品の使用中にも存在する新たなリスクとしてAM L-PBFプロセスが提示する新たな機会、。アクセシビリティの制限と

MASTERのリストを確認し、これは使用前に、正しいバージョンであることを確認します

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造された宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：93の34

検査は、これらのリスクの間で顕著です。L-PBFリスク基準テーブル内の質問が肯定的な回答はAMリスクに寄与しない、ゼロスコアに対応するように言葉で表現されています。

表II. L-PBF添加剤の製造のためのリスク評価基準

L-PBFリスク	スコア		スコアありません
	はい	いいえ	
すべての表面とボリウムを確実に検査することができる、または設計は、応力状態に基づいて十分な証拠のテストを許可しますか？	0	5	
表面は完全にすべての疲労クリティカルな表面に取り外すことができるように構築されましたか？	0	3	
犠牲サポートとのインターフェース表面は、完全にアクセスし、改善していますか？	0	3	
構造壁または突起は断面で1ミリメートルお知らせ≥ていますか？	0	2	
一部の重要な領域は、犠牲サポートを必要としないのですか？	0	2	総

6.1.2 一般的な構造評価要件

AM部品を含む[AMR-21]すべてのプロジェクトは、このMSFC技術標準の5.4節で指定されたポリシーが優先される材料特性を除いて、構造設計の評価と安全率の要件を定義し、実施しなければなりません。

[理由：明確に定義された構造の評価基準が定義され、部品の信頼性を確保するために実装されなければなりません。これは、NASA構造基準のプロジェクトの採択にかかわらず、このMSFC技術基準に生成されたすべてのAMの部分で必要とされます。新しい、プロセス感応性材料の製品形態として、AM材料特性を処理するための手順は、まだ受け入れオープンソースに体系化されていません。従って、このMSFC技術規格のセクション5.4に記載のポリシーおよび手順が使用されています。]

一般的に使用される構造的な基準の例としては、NASA-STD-5001、構造設計および宇宙飛行ハードウェアの安全性の試験因子、NASA-STD-5012、またはJSCを含みます
65828.これらの基準は一般MMPDS又は複合材料ハンドブック (CMH) -17に応じて開発された材料設計許容値の使用を必要とします。しかし、この時点では、AM材料設計のプロパティを処理するための方法論は、これらの業界ハンドブックの中に確立されていません。

6.1.3 破壊コントロール

[AMR-22]破壊制御にハードウェア被験体において使用されるすべてのL-PBF部分は、以下の制限とNASA-STD-5019に分類され、評価されなければなりません。

MASTERのリストを確認し、これは使用前に、正しいバージョンであることを確認します

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造された宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：35の93

A. L-PBFパーツごと非破壊クリティカル低リスク部品として分類されるべきではありません
NASA-STD-5019。

B. L-PBF部分は破壊クリティカルライン、継手、およびその他に分類されるべきではありません
NASA-STD-5019あたりの加圧コンポーネント。

【根拠：他のすべてのようなNASA-STD-5019課し、L-PBF部分とハードウェアについては、破壊制御処理の対象となっています。低リスクおよび加コンポーネントカテゴリは、欠陥のリスクを管理するために、成熟した、十分に特徴づけ材料およびプロセスの使用を前提としています。現在NASA-STD-5019に定義されているように、これらのカテゴリは、L-PBF部分に固有のプロセス制御リスクを管理するためには不十分であると考えられる。このMSFC技術標準はNASA-によって責任破壊制御基板 (RFCB) に付与された緯度に依存AMハードウェアの全体的な破壊制御根拠の妥当性を決定するためにSTD-5019。それは破壊制御が頻繁RFCB承認代替アプローチを介して実装されることが期待されている (参照NASA- STD-5019) 、プロセス制御の組み合わせを使用し、検査、証拠と他の受け入れテスト、分析、および/または損傷許容性のテスト。付録B.セクション6.1.3のための更なる解説を参照してください。

6.1.4 統合された構造健全性の理論的根拠

[AMR-23]すべてのL-PBF部品が故障して、関連する要件のその影響に見合った部分の完全性を保証PPPにまとめた統合された構造の整合性の理論的根拠を持たなければなりません。

【理由：PPPに統合された構造完全性根拠の関節運動は、一部の設計状態、および関連する品質保証プロセスは、事前PPP承認に成熟していることを保証します。】

統合された構造健全性の理論的根拠は、一部に課せられた品質保証活動は、全体として考えたときに、構造的完全性のために十分な根拠を形成する方法を簡潔な方法で、説明しています。品質保証活動は、一般的に含まれるが、L-PBFプロセス制御、非破壊評価 (臨死体験) 、プルーフ試験、漏洩試験、および機能受け入れテストが、これらに限定されません。根拠は、一部の分類に見合っている必要があります。クラスAの部分は、典型的には、例えば、スルー定量的根拠を必要とする、既知の検出能力の検査。部品は高いL-PBFリスクに分類特に、一部の完全なカバレッジを達成するために、複数の品質保証活動に依拠することができます。根拠は、プロセスコントロールのみに頼る部分の領域またはボリューム、すなわちを特定し、

付録B.セクション6.1.4のための更なる解説を参照してください。

MASTERのリストを確認し、これは使用前に、正しいバージョンであることを確認します

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造された宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：36の93

6.1.5 認定試験

[AMR-24] B2によるクラスA1のすべてのL-PBFの部品は、部品の性能と機能は、以下の規定与えられた設計ミッション要求、生活因子、およびライフサイクル性能を満たす証明する認定試験プログラムを受けなければなりません。

- A. 認定試験のためのパーツがQPPに製造されています。6.2.6項を参照してください。
- B. 機構の一部として機能する任意のL-PBF部分は、資格の対象となり、
デザイン生活検証、およびメカニズムのためのNASA-STD-5017、設計・開発の要件によって定義された受け入れテスト。
- C. NASA-STD-5001に定義されているハードウェアの資格にプロトフライトアプローチまたは
専用のテストの記事が含まれていませんJSC 65828は、B2を通じてクラスA1のL-PBFのハードウェアには適用みなされていない、また検証のための「ノー・テスト」オプションは、分析することです。

[理由：AM設計プロセスの現在の成熟度及び予期せぬ故障モードのための電位が与えられるが、性能認定試験一連AM部品の設計の性能を確認する実験的証拠の必要性が存在する。】 部品は（該当する場合）、個別に修飾することができます、サブシステム資格の一部として、またはシステム全体の資格の一部として。認定試験は、すべてのクラスのAM部品を推奨します。直接の認定試験は、B2によるクラスA1における一部には適していない場合は、一部の資格のための代替的根拠はパート生産計画で提案されていてもよいです。認定試験の要件は、他のプログラムの要件から課されてもよいことに留意されたいです。

付録B. セクション6.1.5のための解説を参照してください。

6.2 部品製造管理

パート生産管理は、L-PBFは、最後の部分の受け入れを通じて、構築計画で始まるすべての部品製造方法を包含する。一部の生産管理の基本は、一部の図面、PPP、及びAMCPの内容によって定義され、すべての図面、PPP、及びAMCP要件の秩序ある、文書化の実行を確実に、最終的な生産技術の制御を介して実装。一部の生産を続行する権限は、一部のプロセスが「ロック」とQPPとして文書化されて成功したAMRRを、次の。

6.2.1 部品生産計画

[AMR-25] PPP各L-PBF部分のためには、CEOによって開発され、NASAによって承認されなければなりません。

【理由は：PPPは、2つの主な目的のために必要とされる第一、PPPは、一部のプロセスを定義するための機構としては、L-PBF部分とプロセスに固有の制御します

MASTERのリストを確認し、これは使用前に、正しいバージョンであることを確認します

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造された宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：93の37

そのようなコンテンツを容易に図面に直接取り込まれていません。第二、PPPは、部品生産の意図およびL-PBF部分に関連したリスクのレベルの通信の主な手段として機能します。】

PPPは、簡潔な形で、設計、製造、およびL-PBF部分の使用のための完全な意図を伝える最高経営責任者（CEO）によって開発されたコンフィギュレーション制御文書であることを意図しています。設計図、PPP、およびAMCPの合計含有量は、一部の生産工程のすべてのステップの実行を管理する完全な生産技術管理を確立するために使用されます。

典型的なPPPのために予想されるコンテンツのリストが指定されていない形態とPPPの形式付録Aで与えられます。彼らは、最高経営責任者（CEO）の有力な技術と品質管理ドキュメントシステムに合うように適合させるべきです。PPPは、自己実証文書でなければならないが、文書を合理化するために必要な場合、PPPは、NASAに容易に入手可能である他の構成制御のドキュメントを参照することができます。

NASAによるPPPの承認の方法は、NASAとCEOの間で確立契約システムに合うように適合させることができます。NASA-STD-6016のMUAプロセスは、許容可能な機構の一例です。

付録Aおよび付録Bのセクション6.2.1のための解説を参照してください。

6.2.2 証人テスト要件

各L-PBFビルドの[AMR-26]証人サンプリングは、サンプルタイプ、デザイン、及び数量、ビルドボリュームにおけるそれらの配置、試験方法、及び許容基準を含む、PPPに説明します。

[理由：証人のサンプリングは、一部のビルド作業を通じて全身プロセス制御の証拠を提供するために必要とされます。証人サンプリングの実装では、一部のクラス、ビルド・レイアウト、および特定の一部の要件に依存部分から部分まで変化するであろう。したがって、PPPはQPPの確立をサポートするサンプリングアプローチの証人を文書化するために使用されます。]

PPPでの証人サンプリングの徹底記述は具体的には、独自の定義を必要とする部分、具体的な性質のいずれかの証人サンプルのために特に重要である：低マージンポイント、証人サブ記事、証人の記事、およびカスタマイズされたQMPテスト。重要プログラムリスクは生産速度とプロセス安定性の監視部分に証人試料評価の相対的なタイミングに関連しています。可能な限り迅速に潜在的な全身プロセス制御の問題を明らかにするために証人試料受け入れ収益率を最適化するために非常に有利です。

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造された宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：93の38

証人標本は、プロセス制御における全身の変化を識別するために主に意図されています。その性質により、証人の標本を構築小さな空間（ビルド容積内の位置）のサンプルとビルドの時刻の側面を表します。そのため、彼らは必ずしも地元、過渡、またはビルド時のプロセス制御の断続的な損失を保証することはできません。このセクションの残りの部分は、要件およびセクション6.2.2.1ごとに独立して評価ビルドまたはセクション6.2.2.2当たりの連続生産の枠組みで評価ビルドのいずれかのための証人試料の評価のための関連するガイダンスを提供します。このMSFC技術標準の3.2節で「独立したビルド」と「連続生産ビルド」の定義を参照してください。

6.2.2.1 独立のための証人テストビルド

[AMR-27]独立ビルド製すべてL-PBF部分は、任意の証人テストを満たすために失敗するように、表IIIに必要と表IVの受付方法ごとに評価種類および量の構築に不可欠な証人サンプルを含むもの定義された許容基準は、QMSのパーツに対する不適合として文書化されています。

[理由：証人のサンプリングは、一部のビルド作業を通じて全身プロセス制御の証拠を提供するために必要とされます。インディペンデントは、ビルドのために、証人のサンプリング要件は、合理的に、独自のコンテンツにのみビルドを評価するのに十分な深さと幅を提供しています。]

独立したビルドの証人サンプルの要件は、ビルド時にマシンと原料によってレンダリング部分と材料は過去の実績を持つ家族であると結論するために、単一のビルド操作中に十分な証拠を生成するためのスコープとにおける仮定をサポートしていますMPS。各証人の試験タイプ、その使用目的、及び受け入れの意図した方法の説明は、付録Bの解説に記載されています。

非常にプロセス管理図を使用して、プロセスのパフォーマンス履歴を確立または維持するために、セクション6.2.2.3の他のポリシーを次のよう可能な限り独立の結果を追跡することがビルドされることをお勧めします。サンプリング要件が含まれているため、独立ビルドのための十分な証人サンプリングとビルドも、継続的な運用ビルドの一部にすることができます。

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：93の39

表III。スタンドアロンの受け入れのための証人検体量

	クラス							
	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4
引張	6	6	6	6	6	6	6	6
FH緊急	1	1	1	1	1	1	-	-
金属組織	2	2	1	1	1	1	-	-
化学	1	1	-	-	-	-	-	-
HCF	2	2	2	2	2	-	-	-
利益率の低いポイント	A / R	A / R	-	-	-	-	-	-
証人サブ記事	A / R	-	A / R	-	A / R	-	-	-
証人の記事	6 1	-	-	-	-	-	-	-
CQMP	A / R	A / R	A / R	A / R	A / R	A / R	-	-

ノート：

FH緊急=フルハイト偶発標準A / Rは、PPP / QPPで指定された

場合、必要に応じて=

表IV。証人は、スタンドアローンの受け入れの受け入れ方法を標本

	クラス							
	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4
引張	PCRD	PCRD	PCRD	PCRD	PCRD	PCRD	PCRD	PCRD
FH緊急	A / N	A / N	A / N	A / N	A / N	A / N	-	-
金属組織	コンプ	コンプ	コンプ	コンプ	コンプ	コンプ	-	-
化学	として	として	-	-	-	-	-	-
HCF	PCRD	PCRD	PCRD	PCRD	PCRD	-	-	-
利益率の低いポイント	DV分DV分		-	-	-	-	-	-
証人サブ記事	コンプ	-	コンプ	-	コンプ	-	-	-
証人の記事	コンプ	-	-	-	-	-	-	-
CQMP	として	として	として	として	として	として	-	-

ノート：

PCRD =プロセス制御基準分布定義された許容基準のA / N =必要に応じて

QMP / QPPで指定されるように、/ S =受入

QMP / QPPで定義された基準に基づいて、COMP =比較評価。DV分は=結果はその時点の状態の
ためのMPSにおける設計値を超えてはなりません

6.2.2.2 連続生産のための証人テストビルド

[AMR-28]連続生産ビルド製すべてL-PBF部分は、表Vに必要と表VIの受付方法ごとに評価種類および量の構築に不可欠な証人サンプルを含まなければなりません。

[理由：証人サンプリングは、一部のビルド操作を通して全身プロセス制御の証拠を提供する必要があります。]

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：93の40

連続生産SPCのためのTABLE V.証人検体量

	クラス							
	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4
引張	4	4	4	4	4	4	4	4
FH緊急	1	1	1	1	1	1	1	1
金属組織	1	1	1	1	-	-	-	-
化学	1	1	-	-	-	-	-	-
HCF	-	-	-	-	-	-	-	-
利益率の低いポイント	A / R	A / R	-	-	-	-	-	-
証人サブ記事	A / R	-	A / R	-	A / R	-	-	-
証人の記事	6 1	-	-	-	-	-	-	-
CQMP	A / R	A / R	A / R	A / R	A / R	A / R	-	-

ノート：

FH緊急=フルハイト偶発標準A / Rは、PPP / QPPで指定された場合、必要に応じて=

表VI。連続生産SPCのための証人標本の受け入れ方法

	クラス							
	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4
引張	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC
FH緊急	A / N	A / N	A / N	A / N	A / N	A / N	A / N	A / N
金属組織	コンプ	コンプ	コンプ	コンプ	-	-	-	-
化学	として	として	-	-	-	-	-	-
HCF	-	-	-	-	-	-	-	-
利益率の低いポイント	DV分DV分		-	-	-	-	-	-
証人サブ記事	コンプ	-	コンプ	-	コンプ	-	-	-
証人の記事	コンプ	-	-	-	-	-	-	-
CQMP	として	として	として	として	として	として	-	-

ノート：

必要に応じてCC=コントロールチャート統計のプロセスコントロール受け入れを= / N制限します

QMP / QPPで指定されるように、/ S =受入

QMP / QPPで定義された基準に基づいて、COMP =比較評価。DV分は=結果はその時点の状態のためのMPSにおける設計値を超えてはなりません

表Vおよび表VIの証人テスト要件は、連続生産のために確立されたSPCとL-PBFマシン上で製造される部品のためにのみ使用されます。この方法論は、引張試験量を低減し、引張行動に基づいてSPCを構築し、継続的な定期的な資格の賛成で高サイクル疲労 (HCF) 証人テストを排除します。

6.2.2.3 連続生産ビルドSPCの要件

[AMR-29]は連続生産ビルド証人サンプリングのための資格を得るには、L-PBFマシンは、以下の各基準を満たすことにより、SPCの下でなければなりません。

MASTERのリストを確認し、これは使用前に、正しいバージョンであることを確認します

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：93の41

- A. マシンは、MSFC-SPEC-3717あたりの活性認定ステータスを維持します。
- B. マシンは、同じ、または同等QMPsの下で継続的に動作します。
- C. マシンは、60日以内にMSFC-SPEC-3717あたりSPC資格ビルドを生産しています
これは正常に評価されました。(SPC資格構築間隔の解説を参照してください。)
- D. マシンは、管理図があることを許す結果と引張試験片を作成しました
極限強さ、降伏強さ、および伸びのために確立された、最新の10にわたって収集30個のデータポイントの最小値と各制御の履歴を確立するために構築します。
- 電子。究極の強さ、降伏強さ、伸びのための管理図は、確立されています
統計的プロセス制御における制御チャートの使用のためのASTM E2587、標準的慣行に従って、および適用PCRDと互換性の管理限界と、QMS内に維持します。
- F. 制御チャート許容基準に違反引張結果は、非が割り当てられているとビルド
パーツの評価とL-PBFマシンのプロセス履歴を開始QMSにおける適合。

グラム。是正処置をすることはできません任意のコントロールチャートの不適合のために採取されています
非準拠のビルドに一意に孤立。

時間。マシンが締結されるまで非アクティブの認定ステータスを与えています
評価は、任意の必要な是正措置は完了しており、最高経営責任者 (CEO) は、解像度に同意します。

私。ドキュメント不適合が推奨閉じどちらかのマシンを返します
アクティブな資格または非適合し、必要な是正措置の性質に基づいて再適格マシンに。

[理由：継続的ビルド操作で減少証人サンプリングを監視し、部品の品質と信頼性のための理論的根拠を提供するように制御される厳密に定義され、定常状態の本番環境に依存します。これらのSPCの要件は、SPC環境を提供します。]

デフォルトの60日SPC資格構築間隔の代替は、本番環境に合わせてAMCPで、正当な理由で、提案することができます。代替的な間隔がビルドの数、機械時間、または同等の間隔で監視を提供する他の定量化可能な指標に設定してもよいです。

統計的制御はL-PBFマシン上で確立されると、ASTM E2281、プロセス能力とパフォーマンス測定のための標準的な慣行に従って処理能力の評価は、推奨されます。

6.2.2.4 証人テスト受け入れにおけるPCRDの使用

MASTERのリストを確認し、これは使用前に、正しいバージョンであることを確認します

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造された宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：42の93

PCRDは、セクション5.4.5および付録Cで説明し、偽陰性のコールを防止する必要性のバランスを取りながら、過去の実績を示すものではありません証人テストの結果を識別するために、最高経営責任者（CEO）で定義された許容基準のセットを生成します。付録Cには、引張強さPCRDと許容基準の開発の例が含まれています。証人の試験結果は、他の品質保証メトリックと同様に、PCRDの許容基準に照らして評価されます。合格基準は解釈するには複雑すぎではありません。

スタンドアローンの証人のテストのために必要なHCFのためのPCRDは、一貫性のある環境および環状ストレス条件下で試験した証人のHCF試料の典型的な疲労寿命に適合しているビルドします。推奨HCF受け入れ基準は、証人の試験片の平均測定疲労寿命が疲労PCRDの下部95%確率の上限を超えています。

6.2.3 生産技術・レコード

[AMR-30] L-PBFの部品製造プロセスは、シーケンスに総合的生産技術の記録に支配して、最終的な部品を製造するために必要なすべてのステップの実行を文書化されなければなりません。

[理由：操作と検査ポイントを制御し、シーケンスする生産技術のレコードがある場合を除き、L-PBFの部分が確実にQMSの下で製造することができない。]生産技術・レコードはまた、一般的に店の旅行者、製造ルータ、生産計画と呼ばれている、またはエンジニアリングのマスター。

生産技術・レコードは、L-PBF生産プロセスのあらゆる側面を制御する、（6.2.6項を参照）QPPを実装します。生産技術・レコードは、QMSと一体になっています。生産技術の記録のための要件は、L-PBF産生に関与するベンダーにも及びます。

品質記録として、生産技術のレコードは、その実装、プロセス中に行われた検証の記録に応じて、プロセス制御情報の資料源として用いてもよいです。生産技術・レコードは、他のチェックリストや積極的な品質管理システムの一部として維持されている取扱説明書を参照することがあります。NASAは、その裁量で任意の生産技術の記録を検討することができます。

6.2.4 プリプロダクション条の要件

部と材料の品質を検証する[AMR-31]試作品の評価は、評価のための計画がPPPの一部として承認された状態で、すべてのL-PBF部分に対して行わなければなりません。

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：93の43

[理由：試作品の評価は、部品の設計意図が完全に定義された部分の処理により実現されることを確認する必要があります。部品品質の多くの側面には、一部のプロセスによって異なるであろうし、唯一のそのような材料内部品質および機械的性能として、プリプロダクションの記事の評価を通じて確認することができます。用語については、付録Bでセクション6.2.4のための解説を参照してください「プリプロダクションの記事」および『最初の記事。』]

この要件の目的を満たすために、生産前の記事の評価は、すべてのパーツ、サポート、および証人標本を含め、確定ビルド構成に基づいて、最終的な部品検査を通じてL-PBFで始まるすべての部分のプロセスが含まれ、受諾、およびマーキング。複数の部品がビルド時に同時に組み込まれている場合、部品の代表的なサブセットは、プリプロダクション物品評価のために使用することができます。プリプロダクション物品評価計画、PPPで与えられ、または別案として、その中で参照は、処理により一部が進むにつれて必要な評価を重視した評価の各ステージの完全な記述を含みます。いくつかの事前の生産品の評価は十分にすべての目標をキャプチャするために、複数の部品が必要な場合があります。プリプロダクション記事の評価計画、プロセス、それは生産前の記事（「最初の記事」とは対照的に）として、評価が材料内部品質の問題に生産技術の要件を超えて、機械を除くと報告書は、SAE AS9102、宇宙最初の記事の検査要件の意図に従ってくださいパフォーマンス。プリプロダクション記事の評価計画は、PPPの一部として承認されます。

関連性と重要性が一部で変化することが予想されるものの、最低限、プリプロダクション記事の評価計画は、以下のトピックに対処する必要があります。

- 粉の除去と確認テクニック。
- プラットフォームの取り外し手順。
- 熱処理手順。
- アクセス可能寸法検査、およびポスト切片化。
- 表面の改善処置、十分と報道。
- 表面テクスチャ測定、アクセスおよびポスト切片化。
- カット計画を区画する部分。
- パート内のテスト：（QMP確認する）金属組織学、化学、機械。
- AMリスク領域の評価 - セクショニングと試験部の高AM危険領域を標的とします。

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造された宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：44の93

- 証人試料評価 - ビルドのすべての定義された証人の標本が試験され、報告されています。
- 部品洗浄要件。

付録B. セクション6.2.2のための更なる解説を参照してください。

6.2.5 アディティブマニファクチャリングの準備レビュー

[AMR-32] AMRRはセクション3.2のAMRR定義に従って、すべてのL-PBF部分に対して行わなければなりません。

[理由：AMRRプロセスは、生産技術のレコードの要求が完了していると認定され、設計の要件を満たす部分をレンダリングすることを確認する必要があります。マルチ懲戒AMRRプロセスはQPPでの生産に進むために、許可の記録を提供します。]

AMRRプロセスでは、候補パーツプロセスのすべての成分は、候補生産技術、レコード、一部の図面を含め、レビューのために組み立てられ、PPP、成功したブリプロダクションの記事レポート、および一部の生産工程への影響力のある任意の追加文書を承認しました。

AMRRチームが候補部分プロセスに満足しない場合、AMRRチームは明らかに、すべての欠陥を識別します。欠陥が修正されると、候補部分のプロセスは、別のAMRRの対象となります。

AMRRが正常に終了すると、承認された候補部分のプロセスは、セクション6.2.6あたりQPPとして確立されています。

6.2.6 資格のパートプロセス、設立

[AMR-33]成功AMRR後、QPPは、最高経営責任者（CEO）の書面による承認なしに許可されていないビルド構成への変更、その電子ファイル、またはビルド後のプロセスとQMSの中に確立されなければなりません。

QPPの設立は、一部の生産を進めるための技術の承認です。NASAの裁量で、QPPへの変更のためにNASAからの書面による承認が必要になることもあります。

[理由：QPPの確立は、正式に定義し、QMSで部品製造のためのプロセスをロックします。L-PBF部分の品質と一貫性がQPPを確立することなく確保することができません。]

この要件は、ビルドプレートの内容が事前生産品認定プロセスない部分に使用されるものと比較して変化することができないことを意図し、サポートし、又は試料は、添加減算、再配置、またはビルドに変更されます。

MASTERのリストを確認し、これは使用前に、正しいバージョンであることを確認します

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：45の93

6.2.7 資格のパートプロセス、修正

[AMR-34] QPPへの変更がAMRRプロセスは、任意の修正以下QPPを再確立するために使用される場合など、必要とされる部品の製造プロセスの再認定のためAMCP方法論を定義しなければならないCEO。

【理由：これは、ロックされたプロセスの変更が必要である場合、時折状況が生じることが認められています。変更後の再適格部品製造工程は比例し、厳しい保証し、一貫性の再認定の手順に従っているためAMCP方法論を定義します。】

増分または部分的に再認定制度は、軽微な変更のために許可されています。部品形状に影響を与える変更、支持構造物、またはそうでなければ一部のビルドプロセスに影響を与える可能性は生産前の記事プロセスを繰り返すことが予想されます。AMRRプロセスが変更を以下QPPを再確立するのに使用されることが意図されています。QPP下の部品を製造するために、追加のL-PBF機 (QMPs) を可能にする一般的な修飾です。従って、以下の基準が追加QMPsためQPP変化に対する事前承認方法としてAMCPに含めることができます。追加QMPsは、次のシナリオの下でQPPに添加してもよいです。

A. 新しいQMPの追加はQPPへの唯一の変更です。

B. 新しいQMPは、同じL-PBFプロセスベンダー及び施設用で使用されます
これQPPが設立されました。

C. 新しいQMPは、ベースラインQMP公称似ています。

D. 新しいQMPは適切パートのMPSに登録されています。

電子。新しいQMPは成功したプリプロダクションの記事評価の文書を持っています
一部の。

付録Bに6.2.7のための解説を参照してください。

6.2.8 デジタル製品定義の管理

[AMR-35]すべての電子ファイル及びQPPによって確定ような完全なビルドアセンブリのデジタル製品定義 (DPD) を確立するために使用される関連するパラメータは、QPPの一部として文書アーカイブ、および使用を含む、完全にトレーサブル維持しなければなりませんファイルの明確な同定のための暗号ハッシュ (CH) の。

[理由：L-PBFプロセスは、電子ファイルおよび操作のかなりの数が含まれる部分に、設計から取得します。電子アイデンティティの完全なチェーンが定義され、適切に保管されている場合、設計状態の完全な整合性のみを維持することができます。]

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：46の93

この要件のために、DPDは、それが一部のプロセスは、一部を処理するために使用されるソフトウェアの任意の手動で設定されたパラメータを含む、QPPとして適格であった時に定義されたように完全にビルドを再現するために必要とされる任意の電子データソースまたはレコードを含みます支持構造、証人標本、およびビルドの他のコンテンツが含まれ、最終的な組み立てビルドファイルへのコンピュータ支援設計 (CAD)、から。ビルドを作成するために必要な各ファイルは、QPP定義の一部としてファイル名とその暗号ハッシュによって識別されます。トレーサビリティを維持するために、電子データは、QMSで必要とされる損失に対する必要な保護措置でアーカイブされます。

情報専有考慮と腕の規則に、このような国際交通などの規制の下で制御が含まれている電子データは、規定によりマークされ、制御されなければなりません。これらのルールはL-PBF部品を製造のすべての段階で、そのような制限の付いたデータへの適切なアクセス制御を必要とすることに注意してください。付録B.セクション6.2.8のための更なる解説を参照してください。

6.2.8.1 一部のモデルの整合性

[AMR-36] L-PBFプロセスに関連付けられたデジタル部分の定義のすべての段階を通じて部分モデルの整合性を検証するための方法は、文書化され、AMCPを通して施行します。

[理由：認定設計意図が一部に反映されていることを確認するには、部品設計の整合性は、元のCADで検証する必要があり、その後、L-PBF部分のための完全なビルドファイルをレンダリングするために幾何学変換の過程を通じて維持。標準プロセスが適切に解放する前に、最終的な部品構成を指定する部品の図面を確認するために存在するのと同じように]、同様の処理がソリッドモデルの完全性と設計意図を含む任意の関連情報を確認する必要があります。デザインの整合性は、L-PBFプラットフォーム固有のスライスファイルのエラーフリーのステレオリソグラフィ (STL) の作成、適切な解像度を持つファイル、および生成などの設計後の電子データのAM関連の操作を通じて維持されなければなりません。

6.2.9 実行を構築

[AMR-37] QPPの生産エンジニアリングレコードは、すべての手順と設定し、続いているビルドの開始支配チェックリストを確認しQMSを介して検証手順を含まなければなりません。

[理由：信頼性の高い部品の生産を適切に制御生産計画でのみ発生する可能性があります。生産技術のレコードのバージョンは、QMS統治生産の使用に不可欠です。]

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：47の93

6.2.10 計画ビルドの中断

[AMR-38] L-PBFビルドの任意計画割り込みは、割り込みの許容ビルド高さ範囲（S）とQPPに記載されるものとし、すべての計画されたプロセスの再起動インターフェイスの評価をポスト構築します。

[理由：例えば粉末の補充用として必要とされることが知られている中断を、構築し、プリプロダクションの記事で中断の確認を可能にし、中断で検査や証人のサンプル評価を強調することが計画されている。]あらゆる努力がなされるべきですビルドの中断を排除します。

計画ビルドの中断は、資格の手続きが存在し、続いている場合にのみ許可されます。QMPは、計画の中断のための制限を定義し、ビルドプロセスの中断と回復を処理するための手順を修飾します。

6.2.11 計画外のビルドの中断

[AMR-39]その定義されたビルドの高さ外範囲で発生、計画の中断を含む任意の計画外のビルドの中断は、QMSで不適合として記録しなければなりません。

[理由：L-PBFプロセスにおける計画外の中断がしばしばビルドで不完全または機械の故障に起因する、定常状態プロセスの偏差の兆候であり、従って、内部欠陥の発生しやすいです部品。不適合として文書には、すべての計画外の中断が部品の欠陥のための可能性について評価を行っている保証します。]

あらゆる努力は、ビルドの中断を解消するためになされるべきです。

計画外のビルドの中断は、資格の手続きが存在する場合にのみ、再起動することができると続いています。QMPは、計画の中断のための制限を定義し、ビルドプロセスの中断と回復を処理するための手順を修飾します。

6.2.12 ビルド後の操作

生産技術の記録を通じて、QPPは、ビルド後の操作のすべてのコントロールとシーケンシングに対処すべきです。最低でも、6.2.12.1 6.2.12.8節に記載のビルド後の操作は対処する必要があります。

6.2.12.1 パウダーの取り外し

[AMR-40]生産技術レコード前別の部分処理に粉末除去を確認する方法を含む粉末除去の視線確認を排除ジオメトリと任意の部分のための粉末を除去するための具体的な手順を提供しなければなりません。

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：48の93

[理由：一部に残っている粉末は、適切な部品及びシステムの操作に危険を提示します。]

(HIP) プロセスを熱間静水圧プレス後の残留粉末を除去することは可能ではないかもしれませんが。したがって、すべての通路は、この工程の前に粉末を明確に検証することが重要です。適切な清浄度は、特にデブリの影響を受けやすいハードウェアのために、後の後処理で達成することが不可能であってもよいです。

6.2.12.2 AS-内蔵パート点検

[AMR-41]直後ビルド完了と粉末床から除去すると、すべての部品は、従来のような部品のように構築された状態を変えることができるプロセスを構築異常の兆候のために、最低でも、完全な視覚的な検査を受けなければなりませんQMSに詳細に記録されたすべての異常を持つビーズまたはグリットブラスト、。

[理由：L-PBFプロセス品質の多くの指標が最良の別の部分の処理中に除去され得るような着色または支持損傷などの多くの指標、を含む更なる部分の処理、前に評価されます。]

異常を構築するような亀裂や裂け目、支持構造から一部の分離、および幾何学的歪みのような層状欠陥としては、（定義を参照）異常な変色部分の表面上に補助線が、これらに限定されません。

このとき、L-PBFマシンは、任意の異常の検査を受けるべきです。リコータブレードの縁に損傷またはニックを留意すべきです。構築された部品検査プロセスを文書化するために高品質の写真、特に珍しい観測や異常を推奨します。

6.2.12.3 支持構造の取り外し

[AMR-42]生産技術レコードは、他のビルド後の操作に一部の相対から支持構造の除去の配列を提供し、支持構造の除去方法を制御しなければなりません。

[理由：支持構造を除去するためのプロセスは、部品の損傷を防止し、部品の表面がその意図品質を保持インターフェースを保証するために制御する必要があります。]

6.2.12.4 プラットフォームの取り外し

[AMR-43]生産技術レコードは、他のビルド後の操作に構築台の相対から一部除去の配列を提供し、プラットフォームの除去の方法を制御しなければなりません。

[理由：ビルドプラットフォームから一部の除去は、一部の整合性のための潜在的な影響を持つ重要な操作です。従って、それは制御されたプロセスです。]

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造さ宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：49の93

配列決定プラットフォームの除去における注意事項等部と応力緩和操作の寸法制御、粉末除去の考慮、熱処理操作でビルドプラットフォームの質量の影響を含みます

6.2.12.5 加工

[AMR-44]生産技術レコードは、最終的な部品形状を達成するために必要な全ての加工操作のための特異的な配列を提供しなければなりません。

[理由：機械加工作業が適切に維持され、検証された接合操作、点検、部品の完全性を確保するために熱処理に対して段階的である必要があります。]

6.2.12.6 パートシリアルイズ

[AMR-45]すべてのL-PBF部分がシリアル化されなければなりません。

[理由：L-PBFプロセスがプロセスの各インスタンスは一意的可能性を有するように、「プロセス制御敏感」であると考えられます。したがって、デバイスによるバックそのプロセスへのトレーサビリティは、部品や在庫リスクを管理するために不可欠です。]

6.2.12.7 マーキングパート

[AMR-46]生産技術レコードは、すべてのマーキングのための場所と方法を含む部分識別子とシリアル番号と部品をマーキングするための仕様を提供しなければなりません。

[理由：制御されていない手順を一部に存在する不当なリスクをマーキング]ビルドジオメトリに直接固定部識別子の組み込みは、ビルド後の操作中に保護され、一部の受け入れ検査を妨害しない限り、許容可能です。シリアル化を実装するためのビルドプロセスの使用がロックされたQPPと互換性はありません。

6.2.12.8 パートパッケージ

[AMR-47]は生産技術の記録は任意のカスタマイズされた保護容器を含め、一部の適切な取り扱い及び包装用のコントロールと指示を提供しなければなりません。

[理由：適切な取り扱いと包装コントロールが損傷を排除するための場所にある場合に一部の整合性のみを維持することができます。]

6.2.13 特定のコントロールを必要とビルド後の操作

このセクションのビルド後の操作は、一般的に、特定のプロセス制御が必要になります。

MASTERのリストを確認し、これは使用前に、正しいバージョンであることを確認します

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：50の93

6.2.13.1 表面処理

[AMR-48]部品の性能に影響力のある部分に適用された表面処理オペレーション、構造的またはそうでなければ、プロセスを意味する、特定のプロセス制御の下でなければならない完全に開発と実証、明確に規定、および資格とされますロックされた表面処理工程であることの一部、または生産技術レコードによって参照されます。

[理由：表面処理操作が一部のパフォーマンスに重大な影響を有していてもよく、そのような疲労性能のような材料の能力の仮定の根底にあることができます。そのため、不適切に制御された表面処理剤は、悪部品の品質と安全性に影響を与えることができます。]

付録B.セクション6.2.13.1のための解説を参照してください。

6.2.13.2 クリーニング

[AMR-49]パート清掃手順および関連清浄度条件QPPで指定し、生産技術レコードを介して実装されなければなりません。

[理由：適切に洗浄手順を制御するために、障害が一部またはシステム内の関連する障害をcontamination-につながり得ます。クリーニング要件は、ハードウェアのための汚染制御計画によって必要とされています。]

清浄度レベルと検証の方法は、ハードウェアの汚染制御計画によって支配などIEST-STD-CC1246、製品清浄度レベルのような適切な規格に準拠している - アプリケーション、要件、及び決意、またはMSFC-SPEC-164、コンポーネントの清潔酸素、燃料中の使用、および空気圧システムのため、仕様のため。

付録Bのセクション6.2.13.2のための更なる解説を参照してください。

6.2.13.3 酸素清潔さの根拠

酸素サービスで使用する[AMR-50] L-PBF部分は、粒子と炭化水素残基に必要な清浄度をアドレッシングPPP内の特定の理論的根拠を持たなければなりません。

[理由：L-PBF部分が起因し、粒子遊離または炭化水素汚染物質を捕捉するための潜在的に酸素システムに明確な危険を提示します。この要件は、NASA-STD-6016で必要とされる酸素の互換性の評価は、L-PBFの製品形態の潜在的にユニークな危険性を認識し保証します。]付録B.にセクション6.2.13.3のための解説を参照してください。

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造された宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：51の93

6.2.13.4 溶接

CEOによって承認されたAMR-51] L-PBF部分のすべての溶接が開発され、適切な航空宇宙溶接仕様に修飾されなければなりません。

[理由：NASA-STD-6016を介して実装されるL-PBF部分に溶接作業は、標準的な溶接プロセス・コントロールから除外されません。ユニーク調製および配列決定は、L-PBF部分の溶接に関与し得ます。]

溶接作業は、溶接ランドからような組み込みL-PBF表面の残留物を除去するために、溶接性能を最適化し、溶接残留応力を最小化するために熱処理操作をステージングする加工に対応するために生産技術レコードによって配列決定されます。このMSFC技術標準は、L-PBFのハードウェアでの溶接のための具体的な検査要件を徴収しません。検査は、溶接部のクラスや溶接の破断制御分類に基づく標準的な方法によって決定されます。

溶接規格は、一般的に材料を介して、プログラムやプロジェクトによって徴収と要件 (NASA-STD-6016) を処理し、最高経営責任者 (CEO) によって調整されます。

6.2.13.5 熱処理

[AMR-52]生産計画レコードは、該当QMPで定義されている部分は、すべての熱処理段階の対象であることを確認しなければなりません。

[理由：その性能がQMPで定義された熱工程を経て進化した微細構造で現像特性に従うものとする (参照 MSFC-SPEC-3717) ; 意図したとおり従って、適切な熱処理なしに、一部の材料は、行わなくてもよいです。]

6.2.14 部品の検査と受入

このセクションでは、部品の修理や部品検査と受け入れのための最小要件のコントロールを提供します。6.2.2項の証人テストと受け入れの要件が一部受付処理の基本的な側面であることに注意してください。

6.2.14.1 修理手当と手続き

[AMR-53] QPP起因以下に従って欠陥を修復またはL-PBF部分の状態を改善するために使用される任意の動作を制御する明示的な規定を含まなければなりません。

- A. NASAは、いずれかまたは全ての修理のために得られる事前の承認が必要な場合があります。
- B. 修復操作は、CEOからの書面による事前の許可なしに許可されていません。
- C. すべての修復操作は、QMSにおける非適合レコードとして完全なマニュアルが必要でおよび修理記録は部品のため、コンプライアンスの証明書の一部となります。

MASTERのリストを確認し、これは使用前に、正しいバージョンであることを確認します

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造された宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：93の52

D. 修復を構成する部品の動作としては、サンディング、ブレード、これらに限定されません、
欠陥除去の目的のために研削、機械加工、溶接、又はろう付け。

[理由：制御されていないが、文書化されていない修理は、二つの理由で許可されていません：最初は、
そのような修理は部品の整合性に危険です。第二に、そのような修復プロセスエスケープを難読化し、是
正措置の開発及び実施を妨げます。]

6.2.14.2 非破壊評価

[AMR-54]別段のセクション6.1.4あたりの統合された構造完全性根拠の一部として立証しない限り、すべてのL-PBF部分が技術および部品形状の制限内表面および体積欠陥のための包括的なNDE受けなければなりません。

[理由：NDEこのMSFC技術標準のプロセスコントロールに加えて、L-PBF部品の品質保証の必要な程度を提供します。使用可能なプロセスコントロールを介してすべてのL-PBFプロセスの故障モードを排除するいかなる方法論は現在ありません。]

溶接または鋳造品質のためのNDEの受け入れ基準と規格は、L-PBFのハードウェアには適用とはみなされません。

付録B. セクション6.2.14.2のための解説を参照してください。

6.2.14.3 非破壊評価、不適合項目

NDEに関連する非適合の知見は、他のシナリオと同様QMSを介して処理されます。該当骨折制御ポリシーで必要とされるが、クラスAの部品のため、NDEの亀裂の兆候、クラック状の欠陥、または未定ソースの他の所見は、上級審査及び処分に上昇する必要があります。

各プロジェクト兼最高経営責任者 (CEO) は、より高いレベルのレビューとリスクの可視性のために上昇するなど、不適合項目の解決のためのルールを定義しています。亀裂状の欠陥のシニアレビューは不適合部分の整合性のためだけでなく、重要ですが、また条件を作成したプロセスのエスケープを理解することに関する。NASAのシステムの上級不適合のレビューのための一般的なフォーラムは材質審査委員会 (MRB) です。骨折の重要なL-PBF部品について、RFCBは、欠陥を含む飛行ハードウェアでの不適合を認識してなされるべきです。

6.2.14.4 非破壊評価、その場プロセスモニタリング

[AMR-55] L-PBF部分統合された構造の整合性根拠に定量的な寄稿者として使用する前に、受動的にその場プロセス監視技術は、他のNDE法と同様の方法でNASAの満足にCEOで修飾されなければなりません。

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造さ宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：53の93

[理由：定量化可能な品質保証の指標を確立するために使用されているすべてのプロセスが確立された基準に対する検出の信頼性、キャリブレーション、および実装を確認するために認定されています。その場の監視技術は、そのような目的のために使用されている場合は、新しいけれども、そのような資格の必要性は変わりません。]

監視対象の現象に応じて定義されたL-PBFプロセスを変えるアクティブのin-situモニタリング技術は、現在、このMSFC技術標準ごとに許容されません。受動のin-situプロセスモニタリング技術の認定を測定現象、明確に定義された欠陥のあるプロセス状態に測定現象の実証済みの因果関係のための物理的基礎の完全な理解に依存し、および検出のための信頼性の証明レベル欠陥のあるプロセスの状態。

6.2.14.5 証明テスト

そうでない場合はセクション6.1.4あたりの統合された構造インテグリティ根拠の一部として立証しない限り[AMR-56]すべてのL-PBF部分は、受け入れテストの一部として試験証明しなければなりません。

[理由：証明テストは構造的完全性の証拠を提供し、構造的完全性の根拠に多大な貢献かもしれません。欠陥による構造的な障害リスク、制御されていないプロセス、または誤った技量は、プルーフテスト受け入れテストにかかわらず、緩和されます。]

非常にすべてのL-PBF部分が証拠として効果的な設計が適応されますように試験されることをお勧めします。骨折の重要な/損傷許容性の部分については、整合性の証明の試験評価はまた、証拠と証拠のテストによって確認推定寿命でスクリーニング欠陥の大きさの評価が必要な場合があります。プルーフテストサイクル寿命の評価は、解析的あるいは実験的に発生する可能性があります。

付録B.セクション6.2.14.5のための解説を参照してください。

6.2.14.6 寸法検査

[AMR-57]は生産エンジニアリングレコードは、すべての物理的測定および寸法検査及び表面性状測定を含む部分の受け入れのために必要な関連する許容基準、について明示的でなければなりません。

[理由：物理的測定値の確認が一部の準拠のために必要であるが、L-PBFプロセス制御の一態様です。L-PBFプロセスのための寸法誤差は、プロセスエスケープの指標です。]

内部測定値は、コンピュータ断層撮影を利用して確認することができる一部のアナログ基準は、正確さと精度の測定、並びにツール及びデータ後処理方法の較正を確認するために使用されました。

MASTERのリストを確認し、これは使用前に、正しいバージョンであることを確認します

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造された宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：54の93

6.2.14.7 コンプライアンス・レコードの認定

[AMR-58]生産技術・レコードはQMS内に維持このようなすべてのレコードを、QPPの要件に一部のコンプライアンスを確立するために必要なすべてのレコードのリストを含まなければなりません。

[理由：適切なL-PBF部分のトレーサビリティのためには、生産技術の記録が明確にレコードが一部のための完全な生産データパッケージを確立するのに必要とされるかを定義することが重要です。こうした会計処理せずに、部品のデータパッケージは、不十分な品質の根拠と部品で、その結果、不完全行くことがあります。] NRRS 1441.1、NASA記録保持スケジュール、契約及びQMSの要求に応じて、すべてのパーツのレコードが所定の期間のためにアーカイブされ、完全にトレーサブル残っていますこのような熱処理、機械加工、又は検査などの操作のために外部のベンダーによって提供されるものを含みます。すべての証人の検体検査結果や記録だけでなく、非適合文書は、部品のためのコンプライアンス・レコードの認定に含まれています。完了すると、それは最終的にすることが推奨され、

7. L-PBF材料特性の設計値を確立

このセクションでは、製品形状のユニークな側面を占めL-PBF材料の設計値を確立するための方法論に関連する要件やガイダンスを提供します。これらの要件の目的を満たすために、物理的又は機械的特性のための材料試験は、例えば該当する検査基準（に基づいて、引張試験用のASTM E8 / E8M、ASTM E46 6、標準的な実践が導通する力が金属の定振幅軸疲労試験を支配します疲労試験、又はASTM E1820のための材料は、破壊靱性試験のための破壊靱性の測定のための標準試験方法）。そしてテストはNADCAPTM、または試験所認定のアメリカ協会（A2LA）、他の全国的に受け入れ認定機関を通じて、または最高経営責任者（CEO）の直接の承認によって認定試験所によって実行されています。

7.1 物理的および構造的性質

物理的及び構造的性質は、一般的な基準（平均値）として提示され、温度の関数として定義されます。MMPDSによって記載されたように、これらの値が生成されます。彼らは典型的な基礎であるため、これらの値は、3（3）粉末ロットと5（5）ビルド/熱処理ロットとロット・熟女を考慮することができます。付録B. 7.1節のための更なる解説を参照してください。

7.2 引張特性

MASTERのリストを確認し、これは使用前に、正しいバージョンであることを確認します

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：55の93

極限強さ、降伏強さ、及び伸びは、以下に準拠するものとするための設計値を導出するL-PBF材料特性の[AMR-59]統計的評価：

- A. 設計値は95%信頼、片側で99%の確率で囲まれています
集団について推定許容限度。
- B. ロット変動の要件は、セクション5.4.2.1で定義されています。
- C. 自由（標本とたくさん）の100度の最小値は、最初に必要とされています
設計値を確立します。
- D. 自由未満300度でサポートされている設計値は、設計値を利用します
利用可能なデータの変動（CV）の推定係数以上余裕。このように、設計値 \leq （95分の99、片側許容限界） \times （1 - CV）。付録Cで、図5、MPSデータから設計値の実証を参照してください。

電子。引張プロパティデータベースには、最高経営責任者（CEO）によって維持され、定期的に更新されます
追加データが証人サンプリング、生産前の記事の評価、QMPの開発、およびマシンの資格を含め、プロセス制御関連の活動から利用可能になると基礎。

- F. 以下、この要件に記載されているよう除く試験データ解析方法、
静的引張不動産開発のためのMMPDSガイドラインの目的。

[理由：これらの基準は、部分的にL-PBF材料のユニークな、プロセスに敏感なシナリオを満たすように設計値のためMMPDS要件を適応させる]設計値の減少を確立すると、プログラムによるコストが重要です。強く、最初の設計値は、設計値の定期的な再評価が生じ成長し、MPSの支援データ、人口などの低下を防ぐのに十分な設計値マージンを組み込むことをお勧めします。データのサポート場合はL-PBFプロセスおよびデータベース成熟したとして、設計値は、設計値のマージンを減らすことによって増加させてもよいです。

このMSFC技術基準の全て材料特徴付け及びプロセス制御が完全に実装されている場合NASA-STD-6016のA-基礎静的強度特性要件の目的は、満足しています。MPSの実証を説明するMUAの提出は、NASA-STD-6016材料特性制御の要件を満たします。このMPS文書はまた、NASA-STD-5012またはJSC 65828などの他の構造的要件の文書によって課さ材料特性要件を満たしています。

7.2.1 比、派生プロパティ

必要に応じて、一対の比法は、他のフロー支配材料特性とMPSを移入するために使用することができます。この文脈では、フロー優勢特性が準静的と塑性流動と、その後の延性破壊メカニズムの開始によって支配されます。

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造された宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：93の56

合理的に、これらの特性は、大きさと変動に引張特性の傾向をたどるだろうと想定されます。

[AMR-60] MPSプロパティのマッチドペアの方法を実施するために、10回の試験の最小値が同じビルド/熱処理から採取した一致ペアを作成するために使用される試料との派生プロパティのマッチドペア比を確立するために実施されなければなりません。

[理由：この要件は、L-PBFに適合として比試験によって得特性にMMPDS方法の意図を満たすように意図されています。]

ペアリング比の方法論を開発したプロパティは、本体のセクション5.4.2.1で多くの要件の対象となっています。

比法によって得最も一般的な性質は、圧縮収率、最終的な剪断、軸受強度です。比率の方法で開発するとき、これらの性質は、しばしばと呼ばれ、「派生プロパティ。」引張強さを用いマッチドペア比と特性を導出する方法がMMPDSに記載されています。

7.3 疲労

[AMR-61]の構造評価のために必要に応じて、または顧客の裁量で、任意のL-PBF製品のMPSは、以下のポリシーに従って開発された疲労特性を含まなければなりません。

A. テストデータから設計疲労曲線を開発するためのプロセスは、以下のように記載されています
本体セクション5.4あたりMPS法を実証MUAの一部。

B. 疲労開始寿命特性は、ストレス、生活や歪み生命の形で開発されています
曲線;

C. すべての疲労設計曲線がその根拠で標識され、例えば、典型的なまたはバウンディング。

D. 疲労特性は、メインのセクション5.4.2.1の多くの要件の対象となっています
体;

電子。10回の以上のテストがために、与えられた条件の疲労曲線を定義するために使用され
HCF、4つのテストの最小の疲労限度として定義される応力の10%以内です。(このMSFC技術基準の疲労限度の定義を参照してください。)

F. MPS疲労設計曲線はサイクル数 ≥ 10 でクラスAの部分に適用されている場合。
疲労試験データを適切に文書化するとき、このような疲労限度を予測するための分析方法を用いることができるクラスB部分を除いて、この領域における設計曲線を実証するために取得されます。

グラム。L-PBFプロセスによってレンダリング表面テクスチャ、表面改善の効果
次のように治療は、MPSの疲労設計曲線に含まれています：

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造された宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：93の57

私。確保しないようホーニングや研磨などの表面の改善方法

構築された表面の残留またはすべての処理された表面から少なくとも0.38ミリメートル (0.015で) すべての完全な、均一な除去は、疲労試験を介して評価されます。

II。完全に加工面の疲労寿命は、標準的な表面仕上げの要因を使用することができます
中立面疲労曲線に適用されます。

III。近を変更することにより、疲労寿命を向上させるなどピーニングなどの表面処理
実際に表面を除去することなく、表面応力状態は、疲労試験を介して特徴付けられます。
。

IV。疲労性能を向上させるために使用される表面処理は、プロセスによって制御されています
明細書およびプロセス制御下に置かれます。部品のこのようなプロセスの適用は、PPPで対処し、
、プリプロダクションの資料に評価されます。

[理由：疲労特性は、L-PBF部分の整合性に重要です。これらの特性の要件を提供する他の情報源はありません。]

疲労能力が強くL-PBFプロセスによって影響を受ける可能性があるため、特定の場合には顧客がオーバーと構造評価の要件によって呼び出されたものを上記の疲労特性の特性を必要とするかもしれません。損傷許容性評価が存在するため、構造が疲労開始寿命評価を必要としない場合、例えば、開始の能力を理解する必要性は、その生涯を通じて構造全体の信頼性に重要な残ることがあります。

疲労曲線の基礎は構造的要件を規定することにより、規定の分析方法論と一貫していることが重要です。付録Bに7.3節でさらに解説を参照してください。

7.4 破壊力学

[AMR-62]設計アセスメントはL- PBF材料から特徴破壊力学、破壊靱性および疲労亀裂成長速度特性によってクラック等の欠陥の評価を含む場合は、MPSに含めなければなりません。

[理由：破壊力学特性は合金の製品形態に応じて変化。従って、これらの性質の特徴付けは、L-PBFの製品形態において必要とされる。]付録Bで7.4節の解説を参照してください

7.5 応力破壊とクリープ変形

一部の評価のために必要な場合[AMR-63]、応力破断やクリープ機構の材料特性は、MPSに含めなければなりません。

[理由：応力破断やクリープ特性が合金製品の形で変わります。従って、これらの性質の特徴付けは、L-PBFの製品形態で必要とされます。]

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造さ宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：93の58

MMPDSは、これらのテストを実行するためだけでなく、データ整理やプレゼンテーションのためのガイダンスを提供します。信頼性の応力破壊やクリープ性能を必要とするデザインは、QPPにおける応力破壊証人テストを含める必要があります。これは、多くの高温合金製品のためにたくさんの放出制御のための一般的な慣行と一致しています。

7.6 温度と環境影響

一部の評価のために必要な場合[AMR-64]、MPSは、L-PBF製品形態のテストに基づいて材料の特性に対する温度の影響を含まなければなりません。

[理由：温度及び環境への影響は、合金製品の形で変わります。従って、特性に対するこれらの効果の特徴付けは、L-PBFの製品形態で必要とされます。]

MPS中の材料特性に対する温度の影響は、曲線作動温度の影響を決定する際に柔軟性を可能にMMPDSに示す方法によって評価されます。

7.7 溶接

L-PBF製品における溶接のための[AMR-65]材料特性はL-PBFの製品形態を使用して開発され、一部として文書化され、承認された溶接材料特性の統計的根拠を実証するためにロット成熟要件に該当MPSに組み込まれなければなりませんMUAの5.4節あたりのMPSの方法論を実証します。

[理由：溶接特性は、合金製品形態に応じて変化。従って、これらの溶接特性の特徴付けは、L-PBFの製品形態で必要とされます。]

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造された宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：93の59

付録A.パート生産計画CONTENT

この付録では、標準の必須部分ではありません。ここに記載されている情報は、唯一の指導のために意図されます。

L-PBF PPPは、次の内容に対処することが期待されます。完全AMCPによって制御され、このリストの項目は、PPPで繰り返す必要はありません。AMCP、一部の描画、およびPPPの組み合わせ要件は、生産技術のレコードを生成するのに十分であるとされています。

- 図面番号と部品名称
- パート概要の簡単な要約を提供します
 - システムへのコンテキストで一部の目的は、
 - 動作環境（温度、流体）
 - パートや主な機能を説明するためのCADモデルのビュー
- 材料
 - QMPの同定は、生産のために指定されています。
 - 評価に用いMPSの同定
- 失敗し、構造的な需要、およびAMリスクの結果の要約根拠とパートの分類
- 一部のための統合された構造健全性の理論的根拠
 - 強度および破壊分析で制限要因説明
 - 高い構造的な需要と分類ごとの高いAMリスクのハイライト領域
 - すべての非破壊検査とカバレッジの程度や制限事項を説明して
 - の整合性の根拠で役割、方法を含め、すべての証明テスト動作を説明分析、およびカバレッジや制限
- 必要な証人テスト、証人の記事、および関連する受け入れ要件のリスト
- パーツの向き、位置、および証人標本との完全なビルドのイラスト
- 生産技術のレコードに支配されるような配列内のすべての製造工程での要約リストまたはテーブル
 - このようビルド、粉の除去、などを内蔵検査などのすべてのキー操作を含め、支持除去、プラットフォームの除去、熱処理、洗浄、溶接、機械加工、表面処理、NDEステップ、プルーフテスト。
- プロセスと小文字が区別され、ビルド後の部分の処理作業に必要な特定のコントロールの説明は、すなわち、操作の結果を検証するのが難しいが、一部に重要です
- プリプロダクションの記事の要件、または別の計画への参照
- PPP（分析レポート、骨折制御レポート、など）をサポート参照のリスト
- すべての必要な部分を受理証明書の遵守情報の完全なリスト
 - 寸法検査報告書は、NDEは、粉末ロットは、などのログを、構築し、報告します

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造された宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：93の60

付録B. EXTENDED論評

この付録では、標準の必須部分ではありません。ここに記載されている情報は、唯一の指導のために意図されます。この付録では、このMSFC技術標準における特定のセクションの拡張解説を提供します。

方法論のB1.4の概要

リスクについての注意：

L-PBFによる添加剤の製造は、ほとんどの航空宇宙ハードウェアの製造プロセスに揺籃期の相対です。生産の経験が成熟するまでは、L-PBFプロセスは、不明または不十分軽減故障モードに関連するリスクを追加直面しています。このMSFC技術標準は、利用可能な最善の緩和策と既知の故障モードを排除しながら、潜在的なL-PBFリスクを照らすことを目指しています。これらの要件は、リスクフリーL-PBFプロセスを確保することはできません。注意深く設計され、実行される場合は、L-PBF部分は必ずしもリスクのかなりの増加を運ぶかもしれません。

この記事の執筆時点では、特定の故障モードは、主にアクティブなフィードバックなしで動作し、「オープンループ」L-PBFプロセスに、軽減することは困難です。このよう証人サンプリングとして使用可能なプロセス・コントロールは、L-PBF過程で全身の経過を暴くのに有用であるが、一部の整合性の直接的な証拠を提供していません。その場のアクティブフィードバック制御やビルド後、「プレイバック」の検証のためのモニタリング技術が浮上していると有益であり、まだ彼らは開発に残ると認定するための独自のパスが待ち受けています。プロセス安定性の保証を超えて、ローカルプロセスの不連続に対する緩和は、主NDE方法および構造受け入れプルーフテストに依存しています。このような緩和策は、ここで強調されているが、大幅AMプロセスの設計の自由度で挑戦することができます。

B2.4理事NASA規格

より広範な統治基準の例としては、NASA-STD-6016、NASA-STD-5012、またはJSCを含めます
65828.このMSFC技術標準は、これらのより広範な要件を補完することを意図しています。これらの要件の意図ガバナンスと交差点を実証するために、合金のTi-6AL-4VのL-PBF部品のためのシナリオを検討してください。これらの部品は、このような汚染（例えば、カドミウム固体金属脆化）として被験者に要求して、市販の純チタン溶接ワイヤと溶接の禁止チタン上のNASA-STD-6016の部分を受けること、又は一部の使用を排除することになります酸素システムインチ しかしながら、材料特性要件（MMPDS A-基準）でNASA-STD-6016のセクションの目的は、L-PBFにこのMSFC技術標準の材料特性要件を通じて満たされるであろう。

B4.3ベンダーコンプライアンス

CEOの責任：

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：61の93

最高経営責任者（CEO）は、部品が評価され、最終的に認定された認定設計状態を確立し、管理するための責任を保持しています。以下の責任はCEOの役割を定義します。

A. 部品の品質を管理するための制御QMSを維持します。

B. パーツの性能と安全性の要件を定義します。

C. 一部のデザイン - 部品の形状、後処理要件、検査、証人
標本。

D. 材料やプロセスを選択し、関連するMPSを管理します。

電子。構造的な評価を行います。

F. 部品設計認証を確立します。

グラム。L-PBFプロセスベンダー（S）と他のサブ業者プロバイダとのインターフェース。

時間。不適合を管理します。

私。適合の認定を持つすべてのレコードを維持します。

J. NASAは、一部を証明するために必要なすべての情報を提供します。L-PBFプロセ

スベンダーの責任：

CEOはまた、L-PBFプロセスのベンダーかもしれません。このMSFC技術基準の目的のために、PBFプロセスのベンダーは、L-PBFプロセスの実行のために責任がある組織です。一部を完了するために必要なビルド後の操作を実行するために必要な多数の追加のベンダーがあるかもしれません。これらのサブベンダーはPBF処理ベンダーまたはCEOの制御下にあってもよいです。以下の責任は通常、PBFプロセスベンダーの役割を定義します。

A. L-PBF生産活動を管理するための認定QMSを維持します。

B. CEOとのインタフェースとは認定され、設計状態の要件を理解しています。

C. L-PBF機械、関連機器、および施設を維持します。

D. L-PBF機械オペレータのトレーニングを提供します。

電子。QMPsを開発し、登録する最高経営責任者（CEO）で動作します。

F. L-PBFのビルドを実行します。

グラム。すべての不適合を文書化します。

時間。適合の認定を持つすべてのレコードを維持します。

正常にこのMSFC技術標準、最高経営責任者（CEO）およびL-PBFプロセス・ベンダーの要件、そうでない場合は同じエンティティを実装するには、パートナーシップではなく、日常のサービスプロバイダとして動作する必要があります。、QMPsを開発MPSとQMPsを登録するために必要な相互作用は、

MASTERのリストを確認し、これは使用前に、正しいバージョンであることを確認します

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造された宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：93の62

すべての密接な相互作用とオープンなコミュニケーションを必要とし、PCRDと証人テストを通じて、マシンのパフォーマンスを理解しています。

B5.4 材料特性の要件

金属材料、すなわち、与えられた材料、製品形状の設計許容値の開発のためのMMPDSフレームワークの使用、および製品の厚さのためにNASA-STD-6016によって規定されるL-PBFのための材料特性ポリシーは、現在の伝統的な方法とは異なります。MMPDS哲学はかなり高度に個別とコントロールを処理するのに敏感である任意の物質生産プロセスでチャレンジする重要な基盤を持っています。ここで、「個別」という用語は、スタンドアロン動作として管理されるようになる、自身の潜在的な故障モードとのそれぞれが、それぞれL-PBFマシンの個々の自然を指します。従来の設計許容値のアプローチは、材料製造プロセスは、製品の品質を確保するのに十分なコントロールとの航空宇宙品質仕様の制御下にあると仮定します。これまで伝統的に仮定当然の結果は、航空宇宙品質の材料は非常に彼らの工芸に帰属し、仕様を満たす材料を製造するために必要なプロセス制御の複雑さを理解している会社によって製造されているということです。MMPDSフレームワークにおけるプロセス制御にこれらの仮定が与えられると、設計許容値（通常10）材料ロットの選択に標本（100-300）の統計的に有意な量に一度開発され、製造された材料の予想される変動性を包含するように考えられています統治仕様の制御下にあります。個別または「局在化」（エンドユーザー制御とユニークへのエンドユーザーのニーズの下）と制御を処理する潜在的に敏感で溶接などのプロセスは、常にこの設計許容思想に挑戦しています。そのため、このようなプロセスのための許容値は、まだMMPDSには含まれていません。L-PBFプロセスは、現在、多くの重要な点で「一回と-行われ、」設計許容値の概念に挑戦する：（1）プロセスは、新しいと進化しています（2）プロセスが制御フィードバック（主に）なしで実行、（3）このプロセスは、従来の航空宇宙材料と比較材料の生産のための最小限の投資が必要となります。従って、プロバイダはますますユビキタスと経験と性能の基準に欠けており、（4）プロセスは、多数の制御パラメータとよくわかっていないままである可能性のある故障モードを有しています。（3）プロセスは、従来の航空宇宙材料と比較材料の生産のための最小限の投資を必要とします。従って、プロバイダはますますユビキタスと経験と性能の基準に欠けており、（4）プロセスは、多数の制御パラメータとよくわかっていないままである可能性のある故障モードを有しています。（3）プロセスは、従来の航空宇宙材料と比較材料の生産のための最小限の投資を必要とします。従って、プロバイダはますますユビキタスと経験と性能の基準に欠けており、（4）プロセスは、多数の制御パラメータとよくわかっていないままである可能性のある故障モードを有しています。

重要な飛行構造に成熟の現在の状態でL-PBFを統合するには、材料設計値を開発し、維持するためにオン行く、プロセス制御の集中的なアプローチが必要です。（用語「設計値」は先に述べた伝統的な材料設計許容方法からのアプローチを区別するために使用される。）よりもむしろ包括的な許容値の一回限りの開発、このMSFC技術標準によって必要とされる方法は、上の精査の増加したレベルを使用しますビルド間材料の品質は、定期的な見直しとMPSの確認を伴います。それはプロセスを監視し、コントロールが設計値の仮定を満たすために製造される部品には十分であることを確認するために、エンジニアリングおよび生産社会の持続的な関与との相互作用を必要とするので、これはユニークです。

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：93の63

アプローチ。MPSのサブセットから生成されたPCRDsは、仕様最小プロパティに対する性能に対して共通の単純比較より、プロセス品質のより多くの洞察に満ちた評価を提供します。

連続プロセス制御アプローチは、AMの哲学を収容するための利点を保持しています。設計値を開発するための元データプールで十分な多様性への依存は、プロセス制御ドリフトのリスクを網羅するためにその責任を減らすことによって軽減されます。このアプローチはまた、L-PBFプロセスと関連のMPSは、技術変化に照らしてより軽快残ることを可能にします。

B5.4.2.1 ロットの要件とMPSの成熟度

多くの成熟度とMPSの進化に関する注記：このMSFC技術標準によって所定の位置に設定され、材料特性およびプロセス制御のためのパラダイムは、MPSは、生命体に成長しているプロセス制御証人データとして、プリプロダクションの記事の評価、マシンの資格の活動であることが必要、および制御された素材データの他のソースが生成されます。最初にMPSの設計値を確立するとき、設計値が制限ロット表現または限られた検体量に基づいて下位99%/95%の許容限界に最適化された場合、実質的なプログラム設計関連リスクがあります。リスクは、追加の変動は、MPSを成熟するために組み込まれたとき、MPSデータの改訂評価はもはや設計し、生産スケジュールに多大な影響を引き起こして、前の設計値をサポートすることではありません。引張特性と比-派生プロパティは、このリスクのアカウントを支援するために設計値マージン概念を組み込みます。そのような境界疲労曲線又は破壊特性として有界値を必要とする他の特性は、材料のロット変動及び変動の潜在的な原因のために行方不明の他のデータをサポートするMPSに組み込まれている間にマージンを維持するように工学的判断を必要とします。このよう有界プロパティに使用予備率の大きさは、工学的判断とプログラムリスク許容度の問題です。そのような境界疲労曲線又は破壊特性として有界値を必要とする他の特性は、材料のロット変動及び変動の潜在的な原因のために行方不明の他のデータをサポートするMPSに組み込まれている間にマージンを維持するように工学的判断を必要とします。このよう有界プロパティに使用予備率の大きさは、工学的判断とプログラムリスク許容度の問題です。そのような境界疲労曲線又は破壊特性として有界値を必要とする他の特性は、材料のロット変動及び変動の潜在的な原因のために行方不明の他のデータをサポートするMPSに組み込まれている間にマージンを維持するように工学的判断を必要とします。このよう有界プロパティに使用予備率の大きさは、工学的判断とプログラムリスク許容度の問題です。

B5.4.2.3 異方性

L-PBFプロセスの性質は、材料の弾性及び弾塑性変形応答の異方性の源とすることができる微細構造内のテクスチャの作成に適しています。内部欠陥の量およびパターンを低減するように構築された微細構造およびHIPの再結晶化を含むようにL-PBF冶金プロセスを必要とする材料特性のAM関連異方性を最小限にすることを意図しています。QMPの適切な制御の下、L-PBFの製品形態における測定異方性は、プレート又はバーなどのテクスチャの製品形態において実証したものと同等の、または未満であるべきです。MPSの開発は、設計解析および部品性能の目的のために異方性が無視できるという合理的な確認（≤5%）以下異方性を収容するバウンディングアプローチを使用することができます。部品と検体用配向名称は、ISO / ASTM 52921、添加剤製造座標システムとテスト手法のための一般的な用語と一致しなければなりません。ビルドの向きから発生する表面性状の影響は、材料や部品性能が大幅かもしれないが、この文脈では異方性とはみなされません。

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：64の93

B5.4.2.4 影響因子

決定及び材料特性にL-PBFプロセスの影響を定量化することは、添加剤の製造の研究材料解析分野での開発トピックのままです。発達状況にもかかわらず、材料設計値上の既知の影響の取り込みはL-PBF部品の信頼性に不可欠です。

L-PBF材料特性に関連した最も一般的に知られている影響因子は疲労性能上の表面テクスチャおよび近表面多孔性の効果です。これは、7.3節では、いくつかの詳細に議論されます。

機械的機能に対する構造的な細部の壁の厚さや大きさの制限は注意が必要です。薄肉構造、L-PBF表面テクスチャ、および近または表面に接続された気孔率の場合には、構造壁の厚さの意味のある画分を表し、それによって強度、疲労開始能力、特に延性に影響を及ぼし得ます。粉末床熱条件は、地元の微細構造の進化に影響を与えます。ベッドの中で熱の条件は、AMの部品形状とスキャン戦略の影響を受けています。従って、部品内の材料の機械的特性は、別々に構築されたクーポンから生成された特性に比べて変化してもよいです。ビーム入射角、又は床換気の質と流れ方向の影響を、他の影響のうち、

種々のPBF機設計及び動作状態が可能または動作における休止のも可能性としては、例えば、粉末移動又は補充を処理するために、機械操作で一時停止。休止のためのこの余裕だけL-PBF機の動作に固有の休止を含むことが意図されます。これは、障害のために機械が停止を含めるか、またはエラーを構築しません。一部のプロセス制御の下で議論したように、起因する機械故障またはエラーに任意のポーズは不適合です。このような薄壁構造としてシナリオでL-PBF関連の影響因子を理解するためのデータの開発において、試験片の形状は、しばしば挑戦です。ASTM試験基準に対応した形状が可能な限り使用することをお勧めしますが、L-PBFの幾何学的な機能は、一貫して標準化された標本を利用する能力に挑戦します、影響因子を研究したり、プリプロダクションの記事に機械的評価を行う場合は特に。この制限は、このようなテストを実行しないことを根拠として使用されるべきではありません。例えば、引張試験を考えてみましょう。ASTM E8 / E8Mの承認された標本の範囲内で、引張試験は、常に小さな平坦検体若干異なる答えを提供する試料ジオメトリ大きな丸い試料の一部影響を反映した値を提供します。MPSは、適切なASTM規格または同等として支配試験規格に準拠した標準化された試験片を用いて固定されるべきです。場合異なる、または非標準試料は、設計値の開発における標準的な試験データに適用されるAMの影響因子を評価するために使用されます、標本設計の影響は、これらの要因を決定する際のL-PBFプロセスの影響から分離する必要があります。これを達成するための最も一般的かつ適切な方法は、によって独立片の形状をテストすることです

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：65の93

標準ASTMジオメトリの隣接する標本とともに鍛造製品形態からそれを機械加工します。比因子 (7.2.1項) を介してこの比較を開発することはAM-特定の影響要因から検体ジオメトリの影響を分離できるようになります。

B5.4.5 プロセスコントロールリファレンスディストリビューション

PCRDsを定義するために使用されるデータは、試料 (設計、向き、仕上がり)、及び試験方法によって標準化される必要があります。PCRDsによるプロセス監視の目的は、全身のプロセス制御のための理論的根拠を維持するためにL-PBFプロセスの一貫性を評価することです。PCRDが十分にモデルデータは、プロセス監視を提供するための最も簡単な分布を利用をお勧めします。このようアンダーソンダーリングなどの一般的な品質のフィット分布のチェックは、ご利用いただけます。(MMPDSとCMH-17、複合材料ハンドブックは、この作業にかなりの情報を持っている。) の引張データの場合には、期待は、正規分布は、しばしばこの目的のために十分見出されることです。推定分布の平均と標準分布：そのような場合に、PCRDは、単に二つの数によって定義されます。疲労PCRDについては、分布は、サイクル・ツー・故障データに適合です。これらのデータは、サイクル・ツー・故障データの対数にPCRDを当てはめることによって形質転換することができます。疲労試験片及び試験条件の選択は、証人検体検査の連続的な性質を伴う要求に適合するものでなければなりません。

疲労証人試料及び試験条件は、ユーザの柔軟性を可能にする、指定されていません。ガイダンスを提供するために、次は疲労証人試験片と試験手順のために推奨されています。垂直、内蔵されたままの表面は、許容可能なテスト条件です。これは、減少試料作製コストの優位性を持ち、高い借方と表面を構築張り出しの疲労を伴う変動せずに疲労が重要な地域で改善されない表面に依存部品用プロセス制御の優れた尺度を提供します。構築された表面の品質に依存しない部分については、一部の疲労試験片表面の代表は、より良い選択であり得ます。このように、PCRDデータや各種HCF条件で使用可能な許容基準を持つ原因があるかもしれません。PCRDと証人テストは負荷条件を反転させる必要性を排除するために正の負荷率で実行することができます。環状応力レベルは最高の主HCF開始機構を維持25万1,000,000サイクルではなく、わずか数時間の典型的な試験時間で故障を提供するように選択されます。特別な考慮事項は、低降伏強度、高い硬化、および、そのような目的のサイクル寿命に証人標本を失敗するために必要な応力が、最初は単調収量を超えるかもしれ18-8ステンレス製の家族、などの良好な疲労強度を有する材料のために必要とすることができます。アプリケーションに対してより適切と考えられる場合の低サイクル疲労試験は、PCRDのために使用することもできます。環状応力は、環状比例限度を超えた場合、ひずみ制御試験方法 (例えば、ASTM E606 / E606M) に利用されます。

B6.1.1.1 失敗の結果

すべての人間が評価したハードウェアの障害の結果は、故障モード影響解析 (FMEA) から決定されるべきか、破壊制御のために行わアセスメントから従うことができます

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造された宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：66の93

分類。故障の高い結果に関する考慮事項は、「国家資産」の損失またはクラスA部品の追加コントロールを保証同様の高コストのハードウェアまたは設備を含むことができます。レンジ安全要件も、障害の評価の結果を支配することがあります。非骨折重要な部品（例えば、フェイルセーフの部分）は、障害の低い結果を割り当ててもよいです。（注：非破壊クリティカル - 低リスクと破壊クリティカル - 部品の加コンポーネントカテゴリは満期の欠如のためにL-PBF部分に適用されないが）。クラスBの部分は良性的障害クラスBの部品と同義ではない信頼性の高い航空宇宙品質の部品であることがあります。壊滅的な短い落下多くの障害は、例えば、ロボット惑星間ミッションの損失は極めて高価なまま。非飛行開発のハードウェアでの部品の故障の結果は、担保損害アセスメントに基づくべきであるとプロジェクトの裁量で選択されています。より高いクラスの指定は常に大きな制御を実施する部分のために選択されてもよいです。

B6.1.1.2 構造的需要

構造的な需要の評価の目的は、一部の相対的な構造的な性能要求を識別することです。高い構造余裕を持つ部品は、材料の性能の変動や不確実性の影響を受けにくいです。部品の分類の構造需要の使用は珍しくない（SAE AMS2175、鋳造、分類との検査における分類システムを参照）。しかしながら、そのような構造基準の過去の使用は、典型的には、単純かつ非特異的でした。基準は、本明細書の各評価に必要なマージンがそのプロパティに特定できるようにするために、共通の構造的な故障モードの十分に包括的であることを意図しています。例えば、強度のマージンの要件は、これらのプロパティを直接扱われるよう、強みではなく、バインドされた疲労や破壊挙動に電位の変動をカバーするように設定されています。Iは、分析方法や材料特性に存在する重要conservatismsを考慮するために、表の要件を調整することができます。しかし、基準の意図は、維持しなければならないと仕立て要求の厳しい実証が必要となります。- 宇宙飛行システムや構造のための負荷環境まれ包括的に理解されるロード環境は以下の注意事項を考慮すべき構造的な評価の各側面のために提供されます。十分に理解さ又は境界されていないロードの例は、流体構造相互作用を予測する部品を通過または共振付近で動作する、または部品強制応答を必要とする、結合された動的負荷の分析を含みます。そのようなランダム振動又は準静的圧力またはスラスト荷重に起因する負荷の正確な大きさのような一般的な不確実性は十分に定義されたと考えられ、この基準の意図に違反しません。環境悪化 - 低構造的な需要基準を満たすために、温度は、環境材料の劣化の唯一許可されたソースです。水素脆化環境への曝露は、この基準を失敗例だろう。

Ultimateおよび降伏強さは - 支配構造的な要件で定義されているこれらの評価は行われています。収量と究極の評価のための方法論は、多くの場合、分析によって異なります

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：93の67

組織。低い構造的需要を実証するための要件は、標準的なNASA表記ごとに、安全性の必要な因子の過剰で必要マージンとして表される：証拠金 = $[\bullet \text{設計} / (\bullet \text{操作} \times \text{安全率})] - 1$ 。

ポイントひずみ - この評価は、すべての部品に要求される低構造的な需要部品の延性への依存を制限することを意図しています。ピークは、ローカルミーゼス応力が降伏を下回ったままで線形弾性評価で十分です。ストレスモデル内に収束メッシュ離散化依存性のための適切なモデリングの実践を想定しています。ピークは、ローカルミーゼス応力が降伏よりも大きい場合について、塑性ひずみを計算する任意の承認された方法は、弾塑性有限要素解析またはNeuberノッチ分析として許容可能です。

高サイクル疲労 - 低構造的な需要のためには、繰り返し応力が示された割合によって定義された疲労限度繰り返し応力以下でなければなりません。疲労開始寿命評価は、表面状態の影響を含んでいます。「改善された表面」のために提供さる要因は、そのような表面は、実験的に実証として疲労寿命にとして内蔵L-PBF面の影響を根絶または緩和するために機械加工または他の化学的または機械的プロセスを介して変更されていることを意図しています。構築された状態で残る部分表面は、表面を構築したように、代表で開発疲労データに対して評価されるべきです。

低サイクル疲労 - プラスチックポイント株が低い構造的な需要と部品の周期的に発生することが意図されていません。

破壊力学はライフ - この評価は、唯一の損傷許容性解析対象部品を対象としています。低構造的な需要のために、損傷許容性評価は、生活に検査方法に適用開始欠陥に基づく ≥ 20 回のミッションを示しています。クリープ - 無クリープ変形の確認のみクリープ誘導環境が存在する場合には意図されています。

B6.1.3 破壊コントロール

加法的に製造された部品は、破壊制御プロセスに固有の課題を提起することができます。L-PBF部品の破壊制御根拠の開発は、基礎に焦点を当てるべきである：まず、欠陥L-PBF部分の感度を理解または障害が良性であることを示しています。第二に、有害な欠陥を確実にするための方法および理論的根拠を決定する部分には存在しません。これらの単純な原則は、破壊制御の基礎です。

骨折臨界L-PBF損傷許容性評価を必要とする部品は、L-PBF製品形態のために開発された材料特性を用いた分析と結合され、検査またはプルーフテストを通して十分欠陥スクリーニング根拠を必要とします。L-PBFのハードウェアの破壊制御関連の分析に使用される材料特性はRFCBによるレビューのために要求することができます。L-PBF部分（または代表的なアナログ）で実施損傷許容性試験はRFCBの裁量で破壊制御根拠のために使用することができます。

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造された宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：68の93

低リスクと加コンポーネントカテゴリはL-PBF部分には適用されませんが、これらのカテゴリの側面はRFCBにより承認することができます別のアプローチのための根拠の一部を提供することができます。

標準のカテゴリを承認破壊制御根拠を確立するか、別のアプローチを開発する過程で、L-PBF PPPは、その分類及び関連するプロセスコントロールを含む、L-PBF部分の完全なコンテキストを提供するためにRFCBに利用できるようにすべきであると検査。L-PBFを認識RFCBに材料やプロセスの連絡部、プロセスが承認された骨折制御根拠の発展に重要です。完了すると、骨折の制御理論的根拠は、通常、PPPに必要な部品の統合された構造の整合性原理の基礎を形成します。

RFCBの役割に関する注記：一般的なプログラムのガバナンスモデルの下では、RFCBが破壊制御根拠の賛否に関するプログラム管理や技術的な権限のいずれかに勧告を提供します。

B6.1.4 統合された構造健全性の理論的根拠

重要な宇宙飛行アプリケーションにおけるL-PBF部品の活用で最大の潜在的なリスクは、個々の部品の整合性を検証するための制限です。プロセス制御方法は、十分に開発され、独立して一部の整合性を検証する資格がされていないこの時間、で、最高のL-PBFの設計は、必ずしも最適なパーツや溶接数を減らすか、最も革新的な構造のパッケージを提供するものではありません。最高のL-PBFの設計は、検査やテストによって一部の整合性を完全に検証できるようデザイン面で鍛えこれらの目標を達成するものです。

なぜならL-PBF部分と、このMSFC技術標準に適用可能な使用シナリオの極端な多様性のため、特定の要件は、各部分に必要な検査又は受け入れプルーフテストの度に課されていません。これらのポリシーは、このような破壊制御などの一部のための支配構造安全性の要件によって決定されます。文書を管理する上でセクション2.2で述べたように、L-PBFの部分は、システム全体に課される包括的な要件を免除されません。L-PBFデザインが大幅に検査と受け入れ証明検査手順に挑戦しようとしています。ないすべてのL-PBF部品が原因一部の整合性を検証する能力の制限のため、この時点で飛行証明の実行可能なパスを持っていることを認識しなければなりません。重要な飛行アプリケーションでは、一部のための統合された構造の整合性原理の技術的側面を評価する責任は、一般的に材料の分野やプロセス、構造評価、NDE、および安全性とミッション保証が交差破壊制御コミュニティ、と休息します。根拠に特定された残留リスクは、技術的な機関からの入力に基づいて、プログラムによって評価されます。

B6.1.5 認定試験

新しい設計機能と概念は技術で有効になっているように、L-PBF部分のデザインと機能のためのテスト検証の重要性が高まっています。L-PBFの多くの側面

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：93の70

証人サンプリングの部品分類、プリプロダクション物品評価要件、または根拠のための理論的根拠は、このコンテンツは、実際の部品製造及び処理に必要なコンテンツから分離することができます。

B6.2.2.1 独立のための証人テストビルド

すべてのビルドのためのASTM E8 / E8Mに従って極限強度、降伏強度、および伸長のための引張試験、金属材料の引張試験のための標準試験方法が、必要とされます。評価の一貫性、引張証人片の形状及び構築オリエンテーションのために受け入れ基準-PCRDを確立するために使用されるものの標本と一貫性を維持するために標準化されています。引張証人試料はビルドの完全Z高さを表現することが期待されると、可能な程度まで、粉末リコータの移動方向に対して一部の後ろに配置すること。

引張試験片は、通常、ビルドのZ高さをカバーするように互いに積み重ねています。一部の高さと引張試験片設計に応じて、複数のスタックは、一般的に必要とされています。最善の策は、Z高さの最良の可能なテストカバレッジを提供するために、スタック内の引張試験片のゲージ位置を交互にするために可能にすることです。リコータブレードの剛性に応じて、フルハイト垂直標本スタックの安定性は課題を提示してもよいです。革新的なサポート設計が奨励されています。一部が支持取り付け部はに対して無視できるリスクを表す場合、試料スタックをサポートするために使用されてもよいです。

フルハイト偶発試料は、必要に応じて、診断的役割の多様なために予約証人材料です。これは、任意の熱処理なしとして構築された状態のまま。この証人バーの形状が指定されていないが、冶金評価や機械的試験に適合しなければなりません。フルハイト偶発試料は、プロセス制御問題を解決し、MRB活性を支持する、診断の役割の様々なサービスを提供してもよいです。任意の熱処理が行われる前に、それがビルドプレートから除去されているので、その配置は慎重に検討する必要があります。構築された微細構造、特に最上層には、融合プロセスの健全性への洞察を提供し、QMPと比較することができます。ビルドに表示補助線を追加洞察について評価することができます。

金属組織証人標本は、最終微細構造のためQMPによって定義された基準に対するすべての熱処理後に評価されています。クラスA1及びA2部のビルドにおいて、第二の金属組織標本は、位置と時間に対してビルドにおける第二の点を評価するために配置されています。

証人サブ物品（単数または複数）が生成され、冶金評価されている場合、これは冶金試験片の一つを占めることになります。金属組織試験片を、引張試験片のグリップエンドのような任意の便利な供給源から得ることができます。

最終ビルド製品の化学は、クラスA1とA2の部分のために確認されました。QPPは、完全な化学反応を確認するための手順を指定します。

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：71の93

根拠はPPPで文書化し、AMRRで承認して、化学は微妙な化学変化の影響を受けないと考え合金のために省略してもよいです。これらの目的のための「化学非感受性」材料の例は、L-PBFプロセスで頻繁に使用される一般的なコバルトクロム合金であろう。化学敏感であると考え合金の例としては、酸素含有量の変化は、強度と延性に大きな影響を持っていたTi-6AL-4Vだろう。カスタム化学・コントロールとカスタマイズQMPはまた、「化学感受性」とみなされ、これらの一部のクラスでの確認が必要とされるだろう。MSFC-SPEC-3717を参照してください。HCF 独立のビルドの下に2つの試料の最小の試験は、クラスAとBの部分に必要とされます。これらの試験は、同一試料設計、製造、およびHCFのPCRDのために使用されるサイクリックストレス条件を利用します。6.2.2.4項で説明したように受け入れはPCRDに対して評価されます。

利益率の低いポイント証人のサンプルは、クラスA1とA2は、必要に応じて-PPPはそれが強さを生み出す、究極の強さ以外の構造基準の最安マージン (S) である、または、一部のための統治構造のマージンの見直しを含みローカルポイント株。強度とductility-関連する性能が必要な引張試験によって目撃されています。低利益率の基準は、通常、一部が一つだけこのような状態でチャレンジされるなど、高または低サイクル疲労、破壊寿命、クリープ、などの条件が含まれます。複数の重要な条件が存在する場合しかし、それぞれが評価されるべきです。例えば、部品設計は、主に熱駆動の低サイクル疲労によって支配されている場合、各ビルドから少なくとも1つの低サイクル疲労試験片を温度および環状ひずみ範囲の部品の設計ポイントで直接MPSにおける低サイクル疲労特性を開発するために使用されるものと一致する方法で試験されます。同じ部分はまた、重量支配HCF条件を持っていた場合、HCFのポイントデザイン試験は、温度、応力比、及び部分的にその場所で定義された環状の応力範囲で実行されるであろう。試験手法は、結果がMPSでその条件の値に対して公平に比較することができるように、MPSのそれと一致する必要があります。一つだけの試験データポイントが利益率の低いポイントテストのプロセス制御証人のために必要とされるが、重複以上がテスト中に潜在的な試料の損失に対応するために、ビルド計画中に許可することをお勧めします。

重要な特徴またはその一部の性能がで検証可能でない高いAMリスクと構築のため証人サブ物品試験、クラスA1、A3、B1、必要に応じて、-AT NASAやCEOの裁量、証人サブ物品テストを指定することができますビルド後の検査。

証人サブ記事の使用は、すべての部分のために必須ではありません。これらはAMプロセスによって有効パートコンセプトのサブ品、あるいは局所的な特徴として、高リスクでビルドの重要な領域を目撃することを意図しています。証人サブ記事は、そうでない場合は、直接の部分で検査または検証することができない一部の機能のために十分なプロセス制御の証拠を提供するために必要とすることができます。等の機械的、冶金的、寸法、表面テクスチャ、非破壊検査装置の校正：証人サブ物品は、任意の適切な評価のために利用することができます

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：72の93

証人の記事、クラスA1-は、これらの部品は、完全な検査能力（表IIの最初の基準）の欠如に基づいて、高い構造的需要と高いAMのリスクを持っています。一つの証人の記事は、生産ごとに6便の部品のために評価する必要があります。証人物品はPPPによって指定されたプリプロダクション物品評価基準に従って評価しました。特定の性能特性を提供するために、冶金プロセスに特別な制御を維持するカスタマイズQMPsは、その特性を確認するために証人テストを必要とします。カスタマイズQMPsの検証テストは、クラスAの部品に必要とクラスBの部分のために推奨されます。カスタマイズQMPの定義、使用、および要件は、MSFC-SPEC-に記載されています。

3717。

B6.2.4 プリプロダクション条の要件

用語「プリプロダクションの記事」と「最初の記事」の意味は、最高経営責任者（CEO）の慣行に応じて変更することができます。SAE AS9102で「最初の記事」の意味は、一般的に生産技術のレコードと任意の補足的な要求事項への適合を示すために、検査され、生産運転の最初の記事であると解釈されます。このMSFC技術標準が確定生産技術の記録に生産される部分を参照するための用語「プリプロダクションの記事」を使用しますが、承認に先立っては、実際の生産を開始します。プリプロダクションの記事からの結果の評価は、QPPの下で、実際の生産を開始し、承認を得るためにAMRRで考えられています。この目的を果たすために、このMSFC技術標準の事前生産品の評価は、典型的なSAEのAS9102プロセスを超えた微細構造と機械的特性評価のために切片破壊部分などのステップを含みます。CEOは、典型的には等これらの評価のために使用される部品のための独自の用語有する「生産検証部」を命名規則があれば、意図及び目的が維持されるように適合させることができます。

予備的な「プリプロダクション」評価の数は、一部の開発プロセス中に発生することが予想されます。すべてのパーツの開発プロセスが確定された後、正式な生産前の記事にのみ実装されるべきであると候補生産技術の記録は完了です。QPPの正式な生産前の記事評価及び承認後パートやプロセスの変更は、おそらくプリプロダクション品の再認定が必要になります。プリプロダクションの記事計画は、計画と成功AMRRの妥当性を確保するために、可能な限り早期にPPPに審査のために提出することをお勧めします。

B6.2.7 資格のパートプロセス、修正

既存のQPPにQMPを追加するための定義されたプロセスは、QPPに部品を構築に参加する同じビルド・ベンダーで同じ製造元とモデルの追加L-PBFマシンを許可容易にするために、解説で推奨されています。「名目上類似」QMPsの概念は、融合パラメータが原因機械変動にわずかに異なるかもしれないが、そのような層の厚さとしてQMPsには根本的な違いが存在しないこと、及びそれらが産生することを意味します

MSFC技術標準 EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：73の93

ミクロ組織、機械的特性、表面仕上げ、そしてディテールのレンダリングなどの名目上同一冶金製品。この概念を超えた拡張が可能性が確立される新しいQPPが必要になります。

B6.2.8 デジタル製品定義の管理

AM処理を実行するために必要なファイルのさまざまなを大きくすることができます。これには、これらに限定されない可能性があり、一部のCADファイル、ニュートラルジオメトリ定義ファイル、証人片の形状ファイル、組み立て部品のビルドファイル（部品、証人標本、および支持構造）、STLファイル、スライスファイル、パラメータファイル、ログファイル、および実行スクリプト。これらの電子記録は、材料のトレーサビリティの同じ文脈で考えられています。各ファイルのソースとファイル間の任意の親子関係を知ることが必要です。いくつかのケースでは、ファイル操作は、STLまたはスライスファイルのエクスポートなどの一時的なものです。これらのケースでは、ログファイルや他のレコードは、動作を制御する全てのパラメータを文書化することです。

これらのファイルを文書化してアーカイブするための方法は、CEOや資格のベンダーで利用可能なシステムに応じて変化するであろう。パラメータのファイルと関連レコードは、構成制御下に保ち、説明するように、バージョン管理されているような構成制御のための要件があれば満足するでしょう。

電子ファイルの整合性の継続的な検証を可能にするために選択された方法は、その暗号的ハッシュすることによって、それらを識別することです。暗号化ハッシュの背景については、付録Dを参照してください。ファイルやハッシュを文書化する場所を検討する際、ファイルのSHA-1ハッシュの検証が最も簡単にコピー＆ペースト操作へのアクセスで達成されることを検討してください。厳格なバージョン管理と構成管理データシステムは、暗号化ハッシュを利用します。いつもの管理下に残り、から削除されていないファイル、このようにして、そのシステムは、QPPの一部として識別された構成管理システムとは別の暗号化ハッシュの追跡限り、ファイルのバージョン番号を必要としません。ファイルが移動されたとき、または、変換又はスライス用のローカルコンピュータへ等、またはL-PBF機に転送した場合、

B6.2.13.1 表面処理

表面の改善は、特に疲労の生活と流体の流れ特性のため、一部のパフォーマンスにリンクすることができます。表面状態が認定設計状態の一部として指定されている場合、それは特定の性能基準MPSまたはそうでなければ関連付けられてもよいです。表面改質プロセスの制御および検証は、ポストビルド操作のプロセスセンシティブ態様となります。プロセスコントロールは、部品の一貫した処理を確保するために必要とされます。前の生産品のプロセスは、これらの操作を確認します。プリプロダクションの記事工程、AMRR、及びQPPの確立に続いて、表面処理プロセスに変更は適切なレビューと承認なしに起こることはできません。

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：74の93

B6.2.13.2 クリーニング

L-PBFのハードウェアにおける清浄度は、主に二つの理由のために、重要な関心事である：まず、ままの組み込み表面仕上げが摩耗することなく除去することは困難であるが、それは歪み、振動、流体の流れの下で遊離させることができる部分的に熔融粉末粒子を含有する、または他のアクション; 第二、L-PBFプロセスは、粒子状の残骸のクリーン取得することが特に困難である小さな、回旋状の通路として設計の詳細を可能にします。両方の不揮発性残留物及び粒子汚染のための清潔さのレベルが指定されていることが重要です。

B6.2.13.3 酸素清潔さの根拠

酸素サービスにおけるAMの部品については、粒子状の清掃作業の厳しさは、慎重に検討する必要があります。AM部分を有するシステムの互換性が必要な清浄度と、それを達成するために必要な労力に影響する酸素燃焼性評価中の粒子状デブリの源として作用します。クリーニング効果の具体的な実証のための必要性が期待されなければなりません。

B6.2.14.2 非破壊評価

骨折重要であり、損傷耐性の根拠を利用クラスAパーツは細心の注意が必要です。この時点で、のように構築されたL-PBF部分の表面が関与する場合は特に、NASA-STD-5009から欠陥サイズがPBFのハードウェア、1-ために適用可能であることは明らかではありません。損傷許容性を示さなければなりません部品に関連するリスクを定量化するために、NDEの目的を定義する部分のための重要な初期欠陥サイズ (CIFS) を定義するために、構造評価のコミュニティの責務であると信じます。NASA-STD-5009欠陥がサイズから始めて、十分な生活のデモンストレーションは、重要な骨折、ダメージトレラントAM部品のため一般的には不適切です。CIFSの知識はNDEや骨折制御コミュニティがリスクを評価し、リスクの受容に関する有意義な提言を通信できるようになります。高AMリスクとサブクラス1および3における部分はNDEにアクセスできない領域を有していてもよいことが認識されます。これらのリスクを理解するために、アクセスできない領域が対応するCIFSと一緒に識別されることが重要です。サブクラス2及び4における部品は、信頼性のNDEのためにはるかに大きなカバレッジを示すべきです。PPPは、NDEカバレッジの概要とその妥当性、および骨折管理レポートを提供すべきか、NDE計画は完全にNDEのカバレッジと対応するCIFS情報を文書化するための適切な場所です。

多くのL-PBFの部分は完全なカバレッジを達成するために、複数のNDE技術の使用が必要になります。撮影、浸透剤、渦電流、または超音波技術の組み合わせが一般的であつてもよいと考えられるべきです。表面検査技術は、対象と信号対雑音比の欠陥サイズに応じて、成功した検査をレンダリングするために向上させることとして構築された表面を必要とするかもしれません。そのような加工や摩耗などの方法によって改善面は不鮮明金属を除去する前浸透検査にエッチングが必要。単に視覚的に滑らかなレベルにL-PBF表面近傍の気孔率と境界アーティファクトの傾向に起因NDEノイズフロアを低減するために不十分であるように構築されたAMの表面の除去に注意してください。

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：93の75

L-PBFプロセスは、直接部品の欠陥検出のデモンストレーションのためのハードウェアを構築するためのユニークな機会を提供しています。シミュレートされたCIFS欠陥、表面接続と体積とのデモンストレーション部分は、ささやかな開発投資で構築することができます。検出欠陥サイズの許容確率はL-PBF部品や材料に適用確立されつつ、検出能力の一部に特異的なデモが期待されます。

NDEのアプリケーションでは、L-PBFプロセスに関連する欠陥の種類が考慮されなければなりません。層状AMプロセスの物理ビルド（Z）方向の有意な高さと体積欠陥を禁止する傾向があります。懸念ではなく、このようなビルド面に沿って形成するように整列または連鎖気孔率あるいは層状クラック等の面欠陥のためのものです。このメカニズムは、意味の数を有する：面欠陥は、成長のために特に適しています。懸念の主要欠陥の向きは、分析または体積欠陥の位置合わせに依存する検出方法に有意義であり得る、定義されています。L-PBFの面欠陥は、一般的に非常に低い含有量を示すであろう。面欠陥の限定されたZ高さは、例えば、コンピュータ断層撮影法のようなX線撮影及び増分ステップ検査プロセスに要求することができます。溶接や鋳造のための長年のNDEの標準的な欠陥クラスがあります。これらのプロセスに特有の欠陥は、一般的にL-PBFプロセスに適用可能ではないであろう。溶接や鋳物欠陥の品質基準はL-PBFのハードウェアに適用することが推奨されていません。これは、L-PBF欠陥受け入れL-PBF欠陥カタログおよび関連NDE検出限界が確立されるまで、NDE法及び許容基準は、パート固有の点の設計のままでもよいことを意味します。

B6.2.14.5 証明テスト

このMSFC技術標準の文脈では、プルーフテストは、構造受入試験手順は、プロセス制御チェック（技量プルーフ）として、または一部（完全性の証明）の構造的完全性を確立するか各部に印加されます。信頼性の高い定量的NDEは、一部の整合性の十分な証拠を提供する場所であるため、技量耐力試験は、一般的に、一部の整合性を確保する上で重要な、しかし、二次的な役割を持っています。整合性プルーフテストは、一部の整合性を確保する上で主要な役割を持っています。整合性耐力試験は、重要部品の信頼性を追加したり、NDEの適用範囲の制限を緩和するためにNDEに加えて指定することができます。プルーフテスト、技量や整合性の種類は、統合された構造健全性原理（6.1節で指定する必要があります。4）リスクを軽減における耐力試験の役割を明確にするため。2つのプルーフテストタイプとの間の差は、一部の力バレッジと証明状態の定量化の程度です。技量プルーフテストは、それが一部に有害ではないかを決定するための唯一の構造的な評価が必要です。整合性プルーフテストは、すべての負荷や環境などの飛行条件に対する耐力試験条件のより複雑な評価が必要です。完全性プルーフテスト評価は、プルーフテストが有効である一部の領域を識別し、方向成分の応力に基づいてプルーフ飛行条件で部分にわたって局所的な応力状態を比較します。整合性プルーフテストの有効性を示す部分の力バレッジマップは、耐力試験により、リスクの軽減を定量化を助けるために文書化することです。

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：93の76

負荷圧力の状態、適用される外力、および温度。複雑な部品のための整合性の証明のテストは、操作や負荷ステップの順序が必要な場合があります。一般に、ユニークな固定具は、加圧のためにボリウムを閉じ適切外部または慣性力を表し、またはハードウェアを回転させる回転するために適切なプルーフテストを達成するために必要とされます。

以下の推奨事項は、一部の認定をAMための貢献者としての証明テストの使用の成功を支援します。

- A. ブルーフ試験方法はに対してカバレッジを最適化するAMの設計に不可欠であるべきです
すべての荷重ケース。
- B. ブルーフテストは、効果的な考慮すべき1.2の最小証拠係数を維持しなければなりません。
- C. 材料欠陥応答（破壊靱性行動）の考慮事項である必要が
証拠と飛行条件を理解していました。
- D. ブルーフの条件がある場合、マルチサイクルプルーフテスト方法が強く推奨されています
繰り返し3と5倍の間の部分に適用されます。これは、初期プルーフサイクル後に合体またはシャープできるAM層状欠陥の特定のタイプのために特に重要です。マルチサイクルプルーフテスト方法は、そのような条件下での信頼性を向上させることができます。

B7.1 物理的および構成的性質

全てQMPsは、所与の合金及び条件のMPSに登録されている場合（QMP登録、MSFC- SPEC-3717を参照）化学などとして承認ソースに成文化さ物理的および構成的性質を有する鍛造製品形態に一貫した微細構造を有する材料をもたらしますMMPDS、これらの値を使用することができます。物理的及び構成的性質のソース、および理論的根拠は、成文化鍛錬値を使用する場合、MPS内に文書化されています。一般に金属材料の設計の評価に使用される物理的特性は、密度、比熱、熱伝導率、熱膨張を含みます。このような透磁率のような他の特性が時折必要とされ得ます。一般に金属材料の設計の評価に使用される構成的性質は、弾性率、ポアソン比、および準静的または環状の流動挙動を含みます。弾性率及びポアソン比の値は、典型的に基づいて提示されているが、設計の評価に使用される流動特性は（準静的または環状の応力 - ひずみ曲線）引張特性の設計値を反映すべきです。設計値に基づいて、準静的マテリアルフロー曲線の開発のための考慮事項はMMPDSに見出すことができます。

B7.3 疲労

構築された表面（1）境界、（2）垂直Z方向の疲労、および（3）中性表面仕上げ条件：期待が特徴付けられる3つの表面状態の最低です。構築された表面境界と疲労試験片は、多くの方法で構築することができます。潜在的な例としては、彼らができるで最も急な角度でZ軸に対して傾斜した疲労試験片を含みます

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造された宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：77の93

確実に支持することなく構築することが、サポートされていない天井、またはゲージに沿って支持インタフェース水平又は傾斜内蔵疲労試験片の中空コア水平疲労試験片。境界疲労表面は、ビーム入射角に起因するビルドプレート上の位置に依存に対処することもあります。垂直方向、Z方向疲労試験片は、プロセス制御及び設計の目的のために適度なように構築された表面を表します。中性表面仕上げ状態が適用QMPsによってレンダリングバルクAM材料の疲労性能の尺度として意図され、疲労試験規格（例えば、ASTM E466又はASTM E606 / E606M、Stain-のための標準試験方法に従って調製され制御疲労試験）、一般的に低応力地面や丁寧に加工され、研磨。構成が評価に開発され、利用することができるように構築された試験片の表面特性を文書と同等である場合、他の疲労曲線は表面特性は、予め製造物品及び/又は証人物品評価で確認されています。多くの場合、ハードウェアが原因などのジオメトリの配合複雑さ、ストレス予測、ストレス「シェイクダウン」行動、表面仕上げの影響、およびへの疲労の評価に関して、特定の課題を提示します。添加剤製造が複雑な形状のアナログテストクーポンの評価のためのユニークな機会を提供します。疲労アナログ標本の開発が適切に予測し、ハードウェア繰り返し応力分布を反映した標本を確実にするために構造解析への投資を必要とします。適切に実装され、疲労アナログ標本は、複雑な疲労解析シナリオを確認するか、固定するために使用することができます。疲労類似体はまた、幾何学と表面性状の確認のために検査することが困難な疲労クリティカルな分野での部品の疲労性能を確認するために、ビルド証人標本として機能することができます。

B7.4 破壊力学

破壊力学特性は、最も一般的に提示され、仮想的な欠陥の破壊制御評価のために使用される典型的な基準（平均値）で利用されています。構造的な評価と破壊制御のためのポリシーに応じて、知られている欠陥やプルーフテストの有効性の分析評価の評価は、評価の下界靱性および上部境界疲労き裂進展速度が必要な場合があります。これらの境界の特性の開発は、一般的に、完全なロット満期規則の対象ではありません。破壊力学的特性は、3（3）粉末ロットと5（5）/構築熱処理ロットとロット熟十分に考慮することができます。

生産部品が骨折クリティカルなアプリケーションのために意図されていない場合でも、すべてのMPSは、破壊力学特性のいくつかのレベルを含めることをお勧めします。実用的な目的のために、これらのプロパティは、ハードウェアのアプリケーションの障害の可能性が最も高い形態の材料の能力を定義します。故障モードを支配し破壊力学におけるL-PBF合金のパフォーマンスを理解することが重要です。多くの一般的なL-PBF合金は、意味のある靱性の結果を得るために、弾塑性試験方法を必要とするために十分に厳しいです。靱性のテストのためのASTM E1820の使用が奨励されています。

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造された宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：78の93

B7.6 応力破壊とクリープ変形

MPSのために、温度の影響は、連続的な温度効果曲線を生成する間隔で設計温度範囲にわたって評価されます。温度の影響の急激な勾配がトレンドをキャプチャするために近い温度間隔でテストして洗練されています。MPSのデザイン曲線は、試験温度を超えて推定することはできません。

材料特性に対する温度の影響は十分に3つの粉末ロット及び5 (5) ビルド/熱処理ロットで特徴付け考えることができます。温度の影響による増加散乱を明らかにし、材料特性は、さらに多くのサンプリングが必要な場合があります。引張特性の曲線作動温度の影響を決定するために、3回の試験の最小値は、各サンプリング温度で取得されます。疲労及び破壊特性に及ぼす温度の影響は、試験負担を軽減する広い温度間隔で発生し得ます。しかしながら、このような場合には、これらの特性に対する温度の影響は、補間が、隣接データの境界値を使用すべきではありません。

適切な資料で、既存の温度効果曲線は、L-PBF合金のテストを通知し、そのような高勾配領域及び境界値として必須の温度でL-PBF合金の性能を確認することにより試験負担を軽減するために使用することができます。利用される場合、既存の温度効果曲線は、承認されたデザインのソースから来ています。基準として使用される合金の製品形態は、MPSに登録QMPsの微細構造および室温引張特性と一致する必要があります。

設計に関連する場合は、温度以外の環境への影響は、MPSで表されています。これらのプロパティの開発は、確立された慣行に従ってください。水素脆化の動作に関しては、他の製品形態に何らの仮定または相関は行われません。水素暴露の効果は、AM製品形態に直接確認されます。水素脆化の効果は温度に強く依存しています。

MSFC技術標準 EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：79の93

付録C.開発とMPSの使用と、PCRD

この付録では、標準の必須部分ではありません。ここに記載されている情報は、唯一の指導のために意図されます。

この付録では、材料特性スイート (MPS) とプロセス制御の基準分布 (PCRD) 5.4節、材料特性により必要な概念の簡略例を提供します。MPSは、登録の過程を経て決定されるような等価QMPsから評価L-PBF試験データの統合された集合です。MSFC-SPEC-3717を参照してください。このMSFC技術基準の5.4.4項の要件が満たされている場合はMPSのデータも直接登録QMPs以外のソースから来るかもしれません。

この付録は3つの簡単な例を提供します：フルMPSを使用して、目標設計値をサポートする最初の、理論的根拠を。第二、PCRDの開発は連続プロセス制御により設計値を実証します。第三、影響因子を評価するためのデータの小さなセットを使用します。表VIIは、例MPSデータは、鍛造製品形態180 (応力の単位) の名目上のA単位のUTSとL-PBF合金の早期開発における仮説MPSからのデータを含みます。(この付録では、ユニットをストレスに中性である。) この場合、鍛造製品A-基礎極限強さは、その指定の最小値に相当する設定されています。強度値を指定合金のL-PBF製品形態の仕様が利用可能かもしれないが、

この仮説の例では、熱処理L-PBF合金の垂直方向UTSのデータのみを含んでいます。表VIIの列は、以下を含む：サンプル番号、熱処理ロット/ビルドロットを表すグループ識別番号。粉末ロット識別子 (AE)。そしてWは証人テストジオメトリを示すテスト・タイプ識別子は、Gは、(ASTM E8 / E8M変異体) 一般特性データを示し、PPAは、プリプロダクション条引張データを示し、IFは、影響因子データを示します。その後、UTSの値。この例では、全ての引張試験は、ASTM E8 / E8Mによるとされている、すべての証人の試験片は、同じ形状のものであり、試料が完全に機械加工される場合を除き、すべての試験片。この例ではIF片を機械加工証人片の形状に名目上等価標本上のように構築された表面仕上げを表します。

簡潔にするために、ここに挙げた例はわずがUTSのためです。セクション7で説明したように、MPSにおける機械的試験データの統計的評価の方法はMMPDSの意図に従います。しかし、MMPDS方法は、この付録の焦点ではありません。その代わりに、フォーカスは、PCRD介してL-PBF設計値開発およびL-PBFプロセス制御の両方を支援するデータ・リポジトリとしてMPSを使用することです。

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：80の93

表VII. 例MPSデータ

クルー・パフォーマンス・ロッドのサンプル			クルー・パフォーマンス・ロッドのサンプル			クルー・パフォーマンス・ロッドのサンプル			クルー・パフォーマンス・ロッドのサンプル			クルー・パフォーマンス・ロッドのサンプル		
タイムアウト			タイムアウト			タイムアウト			タイムアウト			タイムアウト		
1	1 A W 198.7		61 1	BW 202.4		121 2	211 1 AG		181 3	212 5 CG		241 1	2 B	201 3 IF
2	1 A W 206.3		62 1	BW 202.7		122 2	210 3 AG		182 3	204 0 CG		242 1	2 B	198 7 IF
3	1 A W 200.9		63 1	BW 98.6		123 2	208 8 AG		183 3	203 0 CG		243 1	2 B	204 6 IF
4	1 A W 201.5		64 1	BW 202.5		124 2	210 1 AG		184 3	200 1 CG		244 1	3 B	194 7 IF
5	1 A W 202.7		65 1	BW 95.4		125 2	211 9 AG		185 3	204 0 CG		245 1	3 B	192 4 IF
6	1 A W 203.0		66 1	BW 98.2		126 2	209 5 AG		186 3	202 9 CG		246 1	3 B	195 9 IF
7	2 A W 201.7		67 1	BW 93.2		127 2	206 5 AG		187 3	202 8 CG		247 1	3 B	196 9 IF
8	2 A W 200.9		68 1	BW 92.9		128 2	207 2 AG		188 3	201 5 CG		248 1	3 B	186 2 IF
9	2 A W 205.1		69 1	BW 200.5		129 2	204 0 AG		189 3	B P P A 201.7		249 1	3 B	196 8 IF
10 2	AW 2 99.9		70 1	BW 204.3		130 2	206 7 AG		190 3	B P P A 203.8		250 2	C	208 9 IF
11 2	AW 2 11.2		71 1	BW 96.9		131 2	204 3 AG		191 3	B P P A 200.5		251 2	C	201 1 IF
12 2	AW 2 3.0		72 1	BW 204.7		132 2	204 1 AG		192 3	B P P A 198.3		252 2	C	197 4 IF
13 3	AW 2 6.6		73 1	BW 204.4		133 2	203 9 AG		193 3	B P P A 198.7		253 2	C	203 6 IF
14 3	AW 2 8.5		74 1	BW 98.1		134 2	205 5 AG		194 3	B P P A 196.5		254 2	C	186 9 IF
15 3	AW 2 2.6		75 1	BW 200.1		135 2	AG 206.2		195 3	203 2 CG		255 2	C	194 7 IF
16 3	AW 2 2.7		76 1	BW 206.4		136 2	204 8 AG		196 3	202 2 CG		256 3	C	187 7 IF
17 3	AW 199.9		77 1	BW 99.2		137 2	AG 206.8		197 3	204 9 CG		257 3	C	193 1 IF
18 3	AW 2 0.2		78 1	BW 202.9		138 2	207 5 AG		198 3	205 9 CG		258 3	C	204 6 IF
19 4	AW 198.9		79 1	BW 96.5		139 2	AG 205.2		199 3	202 8 CG		259 3	C	198 7 IF
20 4	AW 2 2.2		80 1	BW 200.2		140 2	205 3 AG		200 3	204 0 CG		260 3	C	194 9 IF
21 4	AW 2 2.1		81 1	BW 205.0		141 2	206 5 AG		201 3	200 7 CG		261 3	C	198 1 IF
22 4	AW 196.2		82 1	BW 99.3		142 2	207 2 AG		202 3	203 5 CG				
23 4	AW 2 0.0		83 1	BW 201.1		143 2	AG 208.3		203 3	193 2 CG				
24 4	AW 2 0.2		84 1	BW 201.3		144 2	207 7 AG		204 3	199 8 CG				
25 5	AW 198.9		85 1	BW 207.7		145 2	AG 202.1		205 3	188 5 CG				
26 5	AW 2 3.2		86 1	BW 96.9		146 2	200 1 AG		206 3	B P P A 202.9				
27 5	AW 195.8		87 1	BW 97.2		147 2	202 9 AG		207 3	B P P A 203.2				
28 5	AW 196.8		88 1	BW 202.5		148 2	200 3 AG		208 3	B P P A 205.9				
29 5	AW 198.5		89 1	BW 93.5		149 2	202 4 CG		209 3	C P P A 200.6				
30 5	AW 2 1.3		90 1	BW 203.0		150 2	200 7 CG		210 3	C P P A 200.2				
31 6	AW 2 5.7		91 1	BW 99.9		151 2	196 1 CG		211 3	204 2 CG				
32 6	AW 2 1.2		92 1	BW 202.8		152 2	204 2 CG		212 3	204 4 CG				
33 6	AW 2 6.8		93 1	BW 200.7		153 2	202 3 CG		213 3	202 0 CG				
34 6	AW 2 0.4		94 1	BW 97.2		154 2	204 8 CG		214 3	201 9 CG				
35 6	AW 2 0.7		95 1	BW 96.7		155 2	198 4 CG		215 3	DG 99.4				
36 6	AW 2 4.5		96 1	BW 99.0		156 2	201 4 CG		216 3	DG 97.5				
37 7	AW 195.2		97 1	BW 204.6		157 2	200 3 CG		217 3	DG 200.9				
38 7	AW 2 0.2		98 1	BW 200.9		158 2	201 1 CG		218 3	DG 201.6				
39 7	AW 2 4.6		99 1	BW 96.9		159 2	199 9 CG		219 3	DG 202.4				
40 7	AW 195.9		100 1	BW 208.4		160 2	204 4 CG		220 4	EG 99.0				
41 7	AW 2 3.0		101 1	196 3 BW		161 2	202 2 CG		221 4	EG 97.8				
42 7	AW 2 5.7		102 1	201 9 BW		162 2	200 8 CG		222 4	EG 202.7				
43 8	AW 2 0.4		103 1	199 9 CW		163 2	199 5 CG		223 4	EG 98.1				
44 8	AW 198.4		104 1	201 5 CW		164 2	195 1 CG		224 4	EG 204.1				
45 8	AW 2 4.3		105 1	202 0 CW		165 2	200 6 CG		225 4	EG 202.3				
46 8	AW 196.0		106 1	204 3 CW		166 2	PPA 205.0		226 4	EG 206.7				
47 8	AW 197.4		107 1	CW 203.5		167 2	PPA 208.2		227 4	EG 207.4				
48 8	AW 197.0		108 1	196 4 CW		168 2	PPA 205.7		228 4	EG 201.8				
49 9	BW 2 6.1		109 1	201 1 CW		169 2	205 5 PPA		229 4	EG 208.9				
50 9	BW 2 3.3		110 1	199 3 CW		170 2	206 7 PPA		230 4	EG 208.9				
51 9	BW 2 0.4		111 1	201 1 CW		171 2	PPA 206.0		231 4	EG 202.1				
52 9	BW 194.7		112 1	CW 204.3		172 3	211 4 CG		232 1	B	187 4 IF			
53 9	BW 191.6		113 1	CW 204.5		173 3	210 2 CG		233 1	B	189 9 IF			
54 9	BW 2 1.5		114 1	202 7 CW		174 3	210 9 CG		234 1	B	209 9 IF			
55 10	BW 95.0		115 2	CW 206.5		175 3	211 1 CG		235 1	B	196 3 IF			
56 10	BW 202.7		116 2	197 1 CW		176 3	211 0 CG		236 1	B	198 2 IF			
57 10	BW 201.2		117 2	CW 204.4		177 3	207 3 CG		237 1	B	194 0 IF			
58 10	BW 99.7		118 2	202 3 CW		178 3	210 9 CG		238 1	B	178 4 IF			
59 10	BW 204.4		119 2	202 4 CW		179 3	210 3 CG		239 1	B	180 9 IF			
60 10	BW 200.7		120 2	198 5 CW		180 3	213 0 CG		240 1	B	185 2 IF			

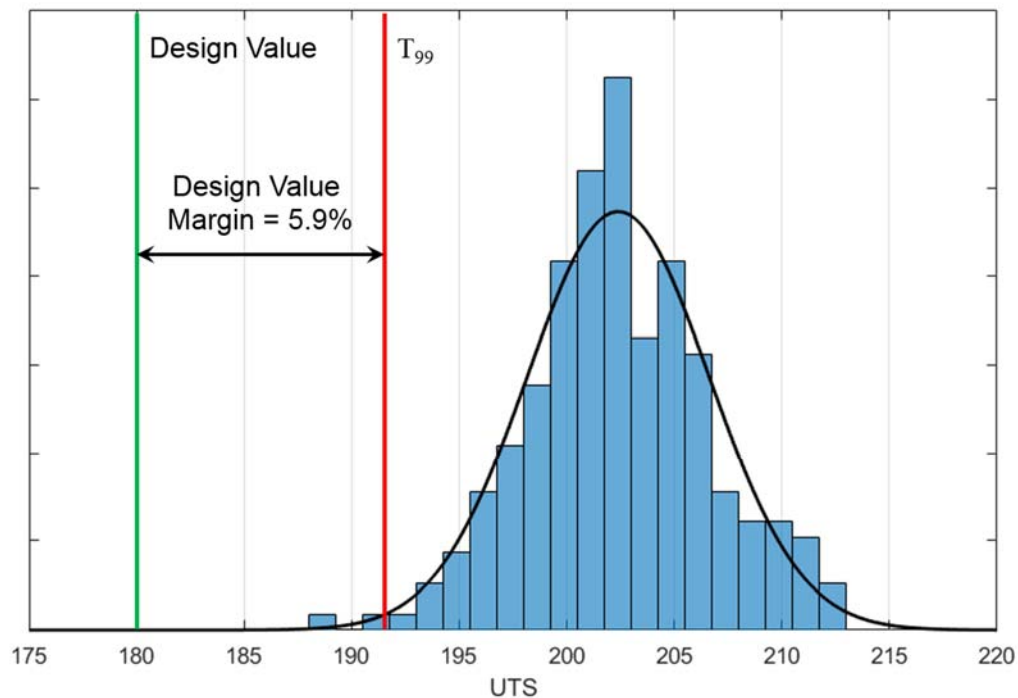
MASTERのリストを確認し、これは使用前に、正しいバージョンであることを確認します

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：81の93

最初の例では、引張りに、セクション7.2の要件を満たしながら、L-PBFの製品形態の設計UTS値として180の鍛造製品形態A単位のUTS値を使用しての適合性を決定するために設定MPSデータのレビューでありますプロパティ。MPSから生成された設計値は独立した影響因子として単離され、検討されていない変動のすべてのタイプを考慮する必要があります。実験の専用設計を使用して変動源の直接的な評価は、変動の発生源は、一般的な設計値に組み合わせることが適切であるかを判断するための最良の方法です。この例では、可変の共通L-PBF源は室温、滑らかな、UTS設計値に組み込まれます。変動のこれらのソースは、ビルドのボリューム内の位置、スキャンパスの依存関係を含めます 粉末は、熱履歴をベッド。彼らは、プロセスは、主にこのような変化に対する合金の耐性及び熱加工から微細構造進化の徹底に、QMPとして認定された時に限られた影響を有することが示されたので、これらのソースは、集合的に評価することが許容されると考えられます。エンジニアリングの観点からは、このような変数を考慮して設計値の枠組みを確立する対単一の設計値にこれらの変化を組み込むための適切な実用的な選択です。付加的な、特定のプロセスコントロールがない限り効果が便利にグループ化することができないような粉末床の熱履歴として、これらの変数の1つまたは複数に十分に敏感な材料が存在してもよいです。そのため、設計値では、すべてのそのような変動を考慮するため、MPSの互換性のあるすべてのデータは、評価に含まれるべきです。この例では、収集されたデータは、プロセスの証人データ、プリプロダクションの記事機械的データ、およびすべての材料からの一般的な特性データ、構築、および熱処理をたくさん含んでいます。表VIIに、このコレクションを単離し、個別に評価される変動性の源を有することが疑われる影響因子データを除くすべてのデータを含みます。したがって、設計値評価のためのデータのセットは、表VIIのUTS列の最初の231個の値です。このように多くの変動などのソースからのトレンドのための可能性のあるすべての材料特性データと同じように（粉末ロット、熱多くの治療、またはたくさんの構築）、回帰の傾向とcombinabilityのためのデータの見直しは、データ分析のガイドラインで推奨されているように発生する必要がありますMMPDSの。

MMPDSの直接的な計算方法は、Tを決定するのに適切です⁹⁹ UTSのためのこの設計値の評価のための値。ピアソン（3パラメータガンマ）および適切な修飾アンダーソン・ダーリン検定を用いてワイブル分布の評価は、分布のいずれかが許容可能であることを示しています。ピアソンモデルはTを与えます⁹⁹ 191.0のUTSのため。データとフィット感を図5に例示されています。

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：82の93



MPsデータから設計値の図5.実証

L-PBF材料の引張特性について、セクション7.2の要件に対して評価します。

A. 提案された設計値 (180) がT未満であります 99 モデル化された分布 (191.0) の。

B. ロットの要件は完全に完全に成熟したMPsはセクション5.4.2.1の意図を満たしていません
ロットDおよびEは、まだたくさんのAにデータ集団で同等に表現されていないので、
B、Cの十分なビルド/熱処理がたくさんあります。例えばMPsはMPs仮としての資格。

C. 最小の評価に自由の100度を必要以上にあります。

D. 自由未満300度評価であるので、設計値

マージンは、データ母集団の変動 (CV) の推定係数を超えることが必要です。ピアソンモデルから、平均値は202.4であり、標準偏差はCV = 2.1%を与える、4.23です。(設計値未満191.0 * (1から0.021) = 187.7でなければならない。) この場合の設計値マージンはCVを超えて5.9%です。図5を参照してください。

電子。MPsは、適切にCEOによって維持されています。

この評価は、UTS設計値として180の使用は、利用可能なデータによって支持されていることを示しています。この評価に基づいて、仮MPsからUTS値は、パート特定MUAとクラスBの部品を使用することができます。(セクション5.4.2.1を参照してください) 。ロットから追加データD

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：83の93

そしてEはバランスの取れた、5ロットの要件にMPSを成熟し、完全な使用を可能にします。原料再利用、セクション5.4.2.2は、この例では対処されていないことに留意されたいです。

このデータセットの評価はこのを利用して、合金の鍛造製品形態の180仕様の最小値よりも大きく設計値をサポートすることができても、一般的なノートでは、助言、また可能性が承認された、成熟度の欠如を与えられることはないだろうとしてL-PBFプロセスの。次の例では、構築するの証人の受け入れテストで使用するMPSからPCRDの開発について説明します。PCRD自体は、単に受け入れ基準が生成される標準化された証人テストデータの統計的モデルです。PCRDの目標は、MPSのものでファミリー引張特性を維持することによって、全体的プロセス制御を介してドリフトからプロセスを保護することです。PCRD（および/または制御チャート方法の使用、証人試験においてこの例で対処されていない）、このMSFC技術標準は、還元された材料ロット要件などの材料特性のためMMPDSフレームワークになり、設計の継続的なL-PBF操作からの値だけでなく、他の宿泊施設の継続的な有効性を正当化します。180の唯一の設計値を使用してUTSための証人テストの受け入れが良く、既存のデータの最後尾の下に、アウト・オブ・ファミリーMPSでデータを受け入れることが図5から明らかです。このような外の家族証人値は、このような疲労性能としてUTSだけでなく、他の関連する設計値のためだけでなく、意味を持っています。180の唯一の設計値を使用してUTSための証人テストの受け入れが良く、既存のデータの最後尾の下に、アウト・オブ・ファミリーMPSでデータを受け入れることが図5から明らかです。このような外の家族証人値は、このような疲労性能としてUTSだけでなく、他の関連する設計値のためだけでなく、意味を持っています。180の唯一の設計値を使用してUTSための証人テストの受け入れが良く、既存のデータの最後尾の下に、アウト・オブ・ファミリーMPSでデータを受け入れることが図5から明らかです。このような外の家族証人値は、このような疲労性能としてUTSだけでなく、他の関連する設計値のためだけでなく、意味を持っています。

MPSから設計値を生成する際の目的は、影響因子として独立して検討されておらず、信頼性の高いTを達成するために、下部尾部に特定の注意を払って、そのデータをモデル化するために潜在的な変化のあらゆる形態をキャプチャすることです⁹⁹ 見覆り。PCRDの開発の目的は異なっています。PCRDの目的は、それによって全身プロセスドリフトを検出する能力を増加させること、メトリックの変動を最小限にするために、一貫した試験形状およびL-PBFスキャン方法を使用して（可能な程度まで）測定を標準化することです。PCRD分布の下テールが許容基準に使用することができるが、その解像度はそれほど重要ではありません。MPSの証人データの「家族」を定義するためのフィット感の良い全体的な品質が最も重要です。最後に、PCRDの製品は、シンプルさを強調し、偽陰性のコールの可能性を最小限に抑えながら、外の家族証人のテスト結果を特定の証人テストの受け入れ基準のセットです。グラフ理論を制御と同様、対処すべきPCRDの受け入れ基準は、何らかの形で、最小許容値は、意味します

この例PCRDを開発するために、表VIIから証人データ（タイプW）からのみUTS値が考慮されます。（フィット感がPCRDである）、このデータへのフィットを開発するには、テストデータの品質を見直し、配布を決定するためのガイダンスはMMPDSからフィットをお勧めします。PCRDのために、分布の選択においてより緯度がMMPDSによって考慮よりも許容されます。適切にデータをモデル化するために証明することができる任意のフィットを使用することができます。この例では、分布の様々なデータを正常にモデル化することが見出されました。正規分布のフィットが許容されるので、それは簡単にするために選択されます。図6は、PCRD証人データから定義証人受け入れ基準に、PCRDフィットを示します。PCRDの平均値（ \bullet_{PCRD} ）あります

• $PCRD = 201.0$ とPCRDの標準分布（ \bullet_{PCRD} ）あります • $PCRD = 3.67$ 。これら2つの値

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造された宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：84の93

この例ではPCRDを定義します。MPSとPCRDが維持され、更新されてMPSにおける証人の試験結果のサブセットが成長します。PCRDのメンテナンスのセクション5.4.5.1を参照してください。このMSFC技術標準がPCRDから生成された許容基準の形式を指定しません。これは、CEOの裁量に任されているとAMCPに記載されています。この例では、以下の基準は、セクション6.2.2.1のスタンドアロン証人要件のための6つのUTS値の証人セットを受け入れるために使用されます。

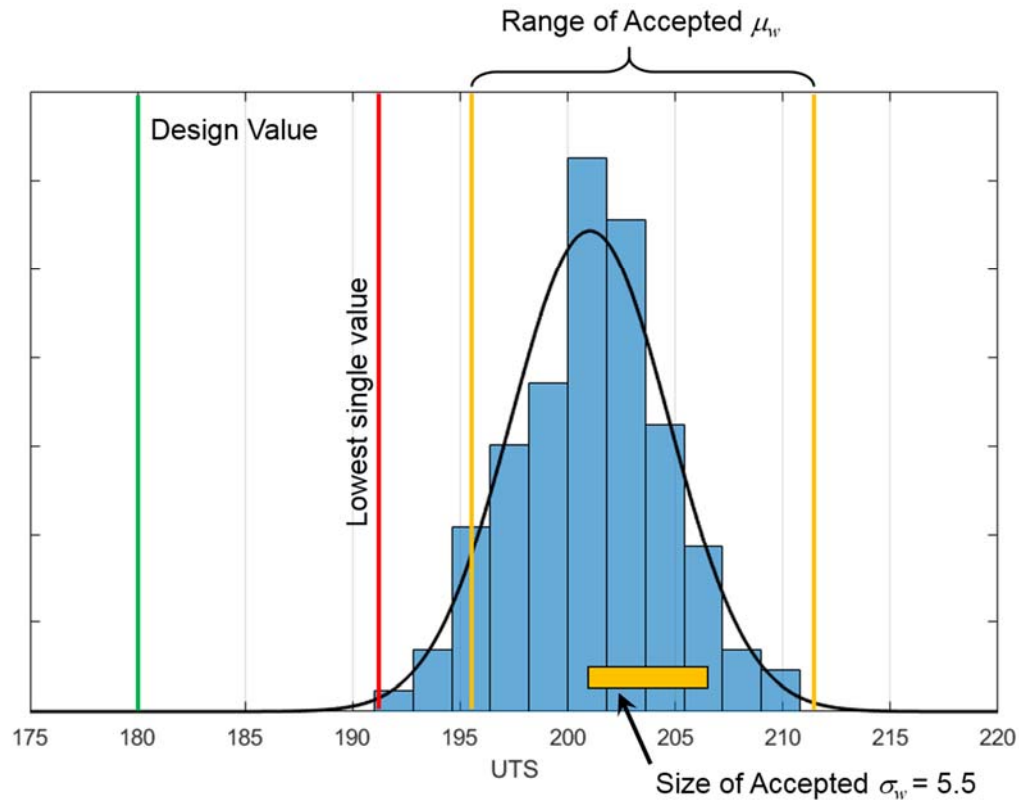
- A. すべてのUTS値 $> T_{99}$ PCRDの (基準は最小値を扱います)。
- B. 証人のセットの平均UTS ($\bar{w}_{\text{PCRD}} > T_{99}$ PCRDの (基準は低い平均に対応))。
- C. 証人のセットの平均UTS ($\bar{w}_{\text{PCRD}} < 3 \times \sigma_{\text{PCRD}}$) (基準は) 高い平均に取り組みます。
- D. 証人セット内UTSの標準偏差 ($\sigma_{\text{PCRD}} < 1.5 \times \bar{w}_{\text{PCRD}}$) (基準は) 分散に取り組みます。

これらのルールは、受け入れ値は、追加のデータを保持しているMPSとPCRDように変更することができるものの、一定のままであることが期待されます。この例ではPCRDの現在の状態については、受け入れ基準は、次の簡単な評価を引き起こします。

- A. いいえUTS値なし < 191.3 。
- B. $\bar{w}_{\text{PCRD}} > 195.5$ 。
- C. $\sigma_{\text{PCRD}} > 212.1$ 。
- D. $\sigma_{\text{PCRD}} > 5.5$ 。

高い平均値を支配する基準は、例えば、強度が高すぎると、他のプロパティの借方に苦しむ合金のための場所で靱性や延性の損失です。そのような合金の例としては、17-4PHステンレス鋼やTi-6AL-4Vを含みます。これらの証人の受け入れ基準の失敗は必然的に拒絶反応を一部ではなく、エンジニアリングの見直しが必要なQMSにおける不適合の原因です。不適合とその原因の決議は、一部の運命を決定します。図6は、これらの受け入れ基準を示しています。

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：85の93



定義された証人の受け入れ基準と証人データから図6. PCR D

この付録の最後の例は、設計値に疑いの影響因子を評価します。セクション5.4.2.4を参照してください。表VII中のIF影響因子データはタイプとしてマークされています。これは、加工面に対立するものとしてとして構築されたL-P BF表面に標準サイズの証人標本をテストするときに測定された効果をモデルにしています。この要因は、UTSのさやかな、しかし識別可能な効果を有することが知られています。間接的な計算、MMPDSの減少比/派生プロパティセクションに従って評価進みます。IF検体UTS結果を表口ット（グループ識別子を構築/それらの適切な熱から標準試料のUTS値とペアになっています

VII)。これらの対の比の値は、減少比である比の低い信頼区間を推定するために使用されています R 。この例では、 $R = 0.957$ 。影響因子の条件に該当する設計値は以下のように計算されます $DV_{IF} = R \times DV = 0.957 \times 180 = 172.3$ 。この場合には、比較的高い所定の R 値と以前に実証設計値マージンは、さらに評価は設計マージンの計算のためにプールし、したがってより小さな衝撃であっても、この影響因子は、設計値余白に吸収される、または影響因子が全体MPSに組み込むことができる可能にします。MPS内合成プールにIFデータのバランス寄与は、この場合、考慮を必要とするであろう。さらに注意点として、この例では、影響因子を評価する際に潜在的な複雑さを過小評価する影響はなく因子を評価する際に縮小比の使用を例示することを意図しています。この例では、UTSに対して評価影響因子として、表面仕上げを挙げています。使用した試験方法

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：86の93

このような要因の影響を決定することは十分に考慮する必要があります。例えば、UTSに影響を与えるメカニズムに依存して、L-PBFの表面仕上げに関連付けられた長さスケールは、おそらく影響の大きさに貢献します。つまり、効果は、おそらく対応し、試験片の大きさの関数と、のような内蔵L-PBF面を有する部分の厚さです。

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：87の93

付録D. THE暗号学的ハッシュ

この付録では、標準の必須部分ではありません。ここに記載されている情報は、唯一の指導のために意図されます。

この付録では、L-PBF部品のDPDを構成するファイルの設定と整合性管理のためのデジタルハッシュの使用に関する簡単な背景を提供します。このMSFC技術標準は、ファイルが完成し、QMSに「ロック」された後に明確QPPに重要なファイルを識別するために、暗号ハッシュ (CH) を使用しています。などの任意のサイズのハッシュ関数マップデータ数ギガバイトL-PBFは、メッセージダイジェストまたはハッシュ値と呼ばれる非常に小さな、固定サイズにファイルを作成します。暗号ハッシュの場合、ハッシュアルゴリズムが反転することができない一方関数です。そのソースを識別するためにハッシュを反転することができないことは、パスワードやデジタル署名などのセキュリティの目的のためにCHの値です。ファイルのセキュリティは、このMSFC技術標準におけるCHの使用に明確な利点がある一方、それが機能主な目的は、その構成を管理するためのファイルの内容の簡単な「フィンガープリント」を作成することです。ほとんどの正式なファイル構成管理ソフトウェアは、ファイルのバージョンを管理し、識別するために、バックグラウンドでCHを使用しています。CHは、異なるハッシュ値を生成することによって、ファイルの内容への変更を識別する。L-PBF DPDファイルはファイルバージョンの追跡と構成管理システム内に格納されている場合、外部ファイルのためCHを評価し、記録する必要がありません。ファイルは、構成管理環境から削除されたときただし、ファイルの整合性を追跡し、確認する方法が必要です。ファイルはL-PBFマシンに移動するように、例えば、さらに、ローカルコンピュータ上で処理される構成管理システムから除去することができる多くの状況があり、

このMSFC技術標準によって推奨CH機能はセキュアハッシュアルゴリズム1 (SHA-1) です。国立標準技術研究所連邦情報処理標準 (FIPS) 出版 (PUB) 180-4、セキュアハッシュ規格FIPS PUB 180-4のを参照してください。このアルゴリズムは、160ビット (40文字) 進のハッシュ値を生成します。SHA-1アルゴリズムは、任意のファイル (あるいはテキスト文字列) 上で動作することができます。SHA-1ハッシュ値の例としては、テキスト文字列「レーザー粉末床の融合」とするために以下の通りである「レーザー粉末床の融合。」レーザー粉末床フュージョン

85BB98E57467A82B39042331195E611F4A2EE823

レーザー粉末床フュージョン

1DEB28D58F7F7EB55165AEC703C3DBA218B962F0

QPPが確定されたときに、L-PBF DPDの一部である各ファイルのSHA-1ハッシュが作成され、QMSとQPPの一部として追跡されます。これは、一部または、そのような/アセンブリを構築するCADファイル、STLファイル、支持構造ファイル、またはその一部として、ビルド状態の再作成を構築するために必要なすべてのファイルが含まれています。ハッシュを記録することは、品質保証の整合性を確認することができます

MASTERのリストを確認し、これは使用前に、正しいバージョンであることを確認します

MSFC技術標準 EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：88の93

DPDは、任意の時点でファイルが、ファイルがマシンやベンダーに転送された後、特に重要です。

SHA-1ハッシュアルゴリズムは、最近、異なる内容の2つのファイルが同じハッシュ値を生成する衝突に対して脆弱発見されました。これは、データのセキュリティが重要であるアプリケーションでSHA-1を使用するために懸念されるものの、L-PBFファイルの構成を維持する目的のために、SHA-1ハッシュが可能です。これは、すべての偶然のようなファイルを誤って命名ような構成の損失（ハッシュは、ファイル名ではない、コンテンツに敏感な）、ファイル転送中のデータの整合性の喪失、およびすべてが、最もよく資金を供給され、調整悪意のある攻撃を排除します。SHA-1アルゴリズムは、任意の適用可能なコンピュータのオペレーティングシステムのために多くのソースを介して利用可能です。

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：89の93

付録E.参考書類

この付録では、標準の必須部分ではありません。ここに記載されている情報は、唯一の指導のために意図されます。

この付録に記載されている文書は、例または勧告としてこのMSFC技術標準内で参照されています。これらの文書は、このMSFC技術標準の要件を満たすに直接適用されません。

政府文書：

FIPS PUB 180-4の	セキュアハッシュ規格 (SHS) 連邦情報処理規格出版物、国立研究所の標準との技術、2012
NPD 8730.5	NASA品質保証プログラムポリシー
NRRS 1441.1	NASA記録保持スケジュール
NASA-STD-5009	破壊クリティカルメタリックコンポーネントの非破壊評価の要件
NASA-STD-5012	液体のための強さと寿命評価要件は、スペース推進システムの燃料エンジン
MSFC-SPEC-164	酸素での使用のためのコンポーネントの清潔さ、燃料、及び空気圧システム、のための仕様

非政府文書：

ASTM E8 / E8M	金属材料の引張試験のための標準試験方法
ASTM E466	金属材料の強制制御された定振幅軸疲労試験を行うための標準的な実践
ASTM E606 / ひずみ制御疲労試験ASTM E1820用E606Mの標準試験方法	破壊靱性の測定のための標準試験方法
ASTM E2281	工程能力とパフォーマンス測定のための標準の実践
ASTM E2587	統計的プロセス管理における管理図の使用のための標準的な実践
CMH-17	複合材料ハンドブック - 17

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造さ宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：93の90

ポリマーマトリックスのためのDOT / FAA / AR-3月19日マテリアル資格と同等

複合材料システム：更新手順（2003）

IEST-STD-CC1246

製品清浄度レベル - アプリケーション、要件、および決意

ISO / ASTM 52921

添加剤の製造座標系とテスト手法のための標準用語

MMPDS

金属材料特性の開発と標準化

SAE AMS2175

鋳物、分類との検査

SAE AS9102の

航空宇宙最初の記事の検査要件

MSFC技術標準 EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：91の93

付録F.要件の概要表

この付録では、標準の必須部分ではありません。ここに記載されている情報は、唯一の指導のために意図されます。

表VIII。要件の概要

カテゴリー	要件省略要件説明	セクションページ	
基礎 ロケット ハードウェア	AMR-1	仕立てのドキュメント	1.3 9
	AMR-2	すべての徴収統治基準の適用	2.4 17
	AMR-3	アディティブマニファクチャリング管理計画	4.1 22
	AMR-4	品質管理システム	4.2 22
	AMR-5	要件にベンダーのコンプライアンス	4.3 23
	AMR-6	すべての部品についてMSFC-SPEC-3717あたりQMP	5.1 23
	AMR-7	MSFC-SPEC-3717ごとに必要な機器や設備制御EFCP	5.2 23
	AMR-8	MSFC-SPEC-3717あたりL-PBFプロセスに不可欠な人材の育成、	5.3 23
材料特性の要件	AMR-9	材料特性要件	5.4 24
	AMR-10	材料特性の開発時に必要なプロセスコントロール	5.4.1 25
	AMR-11	材料特性の開発においては、粉末原料ロット変動の要件（ロット成熟度	
	AMR-12	原料粉末の再利用上のコントロール	5.4.2.2 26
	AMR-13	異方性、必要な評価と根拠	5.4.2.3 26
	AMR-14	材料の性能への影響要因	5.4.2.4 27
	AMR-15	設計値、一般的な要件	5.4.3 28
	AMR-16	設計値、構成制御	5.4.3.1 28
	AMR-17	MPSでの外部データ、使用のための要件	5.4.4 28
	AMR-18	PCRDは各MPSのために必要	5.4.5 29
	AMR-19	PCRDを維持	<u>5.4.5.1</u> 30

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：92の93

設計と評価	AMR-20	L-PBFのためのパート分類	6.1.1 31	
	AMR-21	必要な構造評価基準	6.1.2 34	
	AMR-22	破壊制御、制限	6.1.3 34	
	AMR-23	統合された構造健全性の理論的根拠	6.1.4 35	
	AMR-24	L-PBF部分の資格試験	6.1.5 36	
製品製造コントロール、基礎	AMR-25	PPP-パート生産計画の要件	6.2.1 36	
	AMR-26	証人テスト、PPPでの説明	6.2.2 37	
	AMR-27	独立のための証人テストビルド	6.2.2.1 38	
	AMR-28	連続生産のための証人テストビルド	6.2.2.2 39	
	AMR-29	連続生産ビルドSPCの要件	6.2.2.3 40	
	AMR-30	必要な生産技術レコード	6.2.3 42	
	AMR-31	プリプロダクションの記事の要件	6.2.4 42	
	AMR-32	添加剤製造の準備のレビュー	6.2.5 44	
	AMR-33	QPP、確立するための要件	6.2.6 44	
	AMR-34	QPP、変更するための要件	6.2.7 45	
	AMR-35	デジタル製品定義、制御	6.2.8 45	
	AMR-36	パーツモデルの整合性検証	6.2.8.1 46	
	AMR-37	実行のための準備を構築	6.2.9 46	
	AMR-38	、中断を構築する計画	6.2.10 47	
	AMR-39	中断、無計画、不適合として記録を構築	6.2.11 47	
ビルド後の操作	AMR-40	粉の除去、計画と手順	6.2.12.1 47	
	AMR-41	内蔵の一部として検査	6.2.12.2 48	
	AMR-42	支持構造物の除去、コントロール	6.2.12.3 48	
	AMR-43	プラットフォームの除去、コントロール	6.2.12.4 48	
	AMR-44	機械加工プロセス、コントロールおよびシーケンス	6.2.12.5 49	
	AMR-45	パートシリアル化が必要	6.2.12.6 49	

MSFC技術標準		
EM20		
タイトル：金属におけるレーザー粉末床の融合による付加的に製造と宇宙飛行ハードウェアのための標準	文書番号：MSFC-STD-3716	リビジョン：ベースライン
	発効日：2017年10月18日	ページ：93の93

	AMR-46	パートマーキング、コントロール	6.2.12.7	49
	AMR-47	一部のパッケージと保護	6.2.12.8	49
オペレーション、特別の コントロールをビルド後	AMR-48	表面処理、コントロール	6.2.13.1	50
	AMR-49	部品洗浄、コントロール	6.2.13.2	50
	AMR-50	酸素システムのための清潔さ、根拠	6.2.13.3	50
	AMR-51	溶接、コントロールと資格	6.2.13.4	51
	AMR-52	熱加工、QMPに実行	6.2.13.5	51
部品の検査と 受け入れ	AMR-53	修理手当と手続き	6.2.14.1	51
	AMR-54	NDE、一般的な要件	6.2.14.2	52
	AMR-55	NDE、その場 (in-situ) プロセス監視、資格	6.2.14.4	52
	AMR-56	証明テスト、要件	6.2.14.5	53
	AMR-57	寸法検査	6.2.14.6	53
	AMR-58	必要なコンプライアンス・レコードのリスト	6.2.14.7	54
材料特性、 設計値	AMR-59	設計値、引張不動産開発	7.2	54
	AMR-60	設計値、比率派生プロパティ	7.2.1	55
	AMR-61	設計値、疲労不動産開発	7.3	56
	AMR-62	設計値、破壊力学的特性	7.4	57
	AMR-63	設計値、応力破壊/クリープ特性	7.5	57
	AMR-64	設計値、温度や環境	7.6	58
	AMR-65	設計値、溶接不動産開発	7.7	58