

アルミニウムとは	1
合金の成分	2
展伸材の選定指針	3
物理的性質	4
機械的性質	5
化学的性質	6
形状とその製作範囲	7
構造設計	8
押出型材の断面形状の設計	9
保管と取扱い	10
成形加工	11
切削加工	12
接合	13
表面処理	14
カラーアルミ	15
鍛造	16
アルミニウムはく(箔)	17
アルミニウム粉	18
鋳物・ダイカスト	19
付 表	20
付 録	21

表紙には、環境にやさしい環境調和型素材を使用しています。

目 次

1. アルミニウムとは	1	7.2.5 管の製作範囲	85
1.1 わが国のアルミニウム産業	1	7.3 軽金属押出開発株式会社の製作範囲	87
1.2 特 徴	2	8. 構造設計	91
1.3 種 類	2	8.1 許容応力と安全荷重	91
1.4 呼 称	3	8.2 ボイラー、タンクおよび高压容器類	92
1.5 一般的性質	3	8.3 建築構造物	102
1.5.1 展 伸 材	3	8.4 土木構造物	104
1.5.2 鑄 造 材	5	9. 押出型材の断面形状の設計	108
1.6 調 質	5	9.1 押出型材の種類と特徴	108
1.7 展伸材のできるまで	12	9.2 合金の押出性	108
2. 合金の成分	15	9.3 製造難易度と断面形状の設計	109
JIS 規格アルミニウム合金展伸材の化学成分	15	10. 保管と取扱い	111
JIS 規格アルミニウム合金展伸材の適用製品	20	10.1 製品の保管	111
JIS 規格アルミニウム合金鑄物の化学成分	21	10.2 結露時の処置	111
JIS 規格アルミニウム合金ダイカストの化学成分	24	10.3 取扱い方法	111
3. 展伸材の選定指針	25	11. 成形加工	113
4. 物理的性質	33	11.1 せん断加工	113
5. 機械的性質	37	11.1.1 せん断加工一般	113
5.1 試験方法	37	11.1.2 せん断荷重	113
5.2 機械的性質一般	38	11.2 曲げ加工	114
5.3 高・低温引張性質	45	11.2.1 加工形式	114
5.4 クリープ特性	53	11.2.2 曲げ加工に要する加工力	114
5.5 疲れ特性	55	11.2.3 曲げ半径	115
6. 化学的性質	59	11.2.4 曲げ不良原因と対策	115
6.1 自然酸化皮膜	59	11.3 深絞り加工	115
6.2 水溶液中の酸化皮膜	59	11.3.1 深絞り加工一般	115
6.3 酸、アルカリによる溶解	59	11.3.2 材 料	118
6.4 腐食挙動	60	11.3.3 深絞り型	119
6.4.1 孔 食	61	11.3.4 角筒絞り	120
6.4.2 接 触 腐 食	62	11.3.5 再 絞 り	120
6.5 特定の合金に発生する腐食	67	11.3.6 潤 滑	120
6.5.1 粒 界 腐 食	67	11.3.7 深絞り不良原因と対策	121
6.5.2 応力腐食割れ	69	11.3.8 しごき加工	122
6.6 自然環境における耐食性	70	12. 切削加工	125
6.7 コンクリートに対する耐食性	78	12.1 アルミニウム合金の切削一般	125
6.8 化学薬品、食品に対する耐食性	78	12.2 アルミニウム合金の被削性	126
6.9 孔食の防止方法	78	12.3 切削条件	130
7. 形状とその製作範囲	83	12.4 切削加工上の注意事項	130
7.1 形状と品名	83	12.5 切削油剤	130
7.2 製作範囲	84	12.6 超精密切削	130
7.2.1 製作する合金の種類	84	13. 接 合	131
7.2.2 板の製作範囲	84	13.1 アルミニウム合金の接合	131
7.2.3 押出型材の製作範囲	85	13.1.1 溶加材の選定	131
7.2.4 小型押出材の製作範囲	85	13.1.2 アーク溶接	135

13.1.3	その他の溶接法	139	17.	アルミニウムはく(箔)	205
13.1.4	溶接施工	143	17.1	アルミニウムはくの種類と用途	205
13.1.5	溶接部の性質	153	17.2	アルミニウムはくを使う製品の設計	206
13.1.6	溶接部の検査	156	17.3	アルミニウムはくの加工	207
13.1.7	抵抗溶接	157	17.4	アルミニウムはく容器の成形	212
13.1.8	異種材料との接合	160	18.	アルミニウム粉	213
13.2	ろう付およびはんだ付	160	18.1	アルミニウム粉の製造方法	213
13.2.1	ろう付	161	18.2	アルミニウム粉の用途	213
13.2.2	はんだ付	165	18.3	粒度ふるい分け	213
13.3	リベット	168	18.4	アルミニウム粉・アルミニウムペーストの 一般的な取扱い	214
13.3.1	リベット接合	168	19.	鋳物・ダイカスト	216
13.3.2	ブラインド・リベット接合	173	19.1	アルミニウム合金鋳物の製造方法	216
13.4	接着	175	19.1.1	砂型鋳造法	217
14.	表面処理	181	19.1.2	精密鋳造法	218
14.1	表面処理の種類	181	19.1.3	金型鋳造法	219
14.2	前処理	182	19.1.4	その他の鋳造法	220
14.2.1	機械的前処理	182	19.2	鋳造用アルミニウム合金	221
14.2.2	化学的前処理	182	19.2.1	砂型および金型鋳造用合金	221
14.2.3	化学研磨と電解研磨(光輝仕上法)	183	19.2.2	ダイカスト用合金	225
14.3	化成皮膜処理	183	20.	付 表	228
14.4	陽極酸化	183	20.1	密度	228
14.4.1	陽極酸化処理法の種類	183	20.2	国際単位(SI単位)	228
14.4.2	アルミニウム材料の適応性	183	20.3	アルミニウムおよびアルミニウム合金の 表面欠陥分類と形状品質	231
14.4.3	陽極酸化皮膜の性質	183	21.	付 録	240
14.4.4	陽極酸化皮膜の着色法	187	21.1	JIS と関連外国規格との規格体系の比較 (アルミニウム合金展伸材関係)	241
14.4.5	封孔処理	190	21.2	アルミニウム展伸材の JIS と関連する主な外国規格	245
14.4.6	陽極酸化処理における欠陥とその対策	190	21.3	アルミニウム合金鋳造材の JIS と関連する主な外国規格	253
14.4.7	陽極酸化皮膜の規格	190	21.4	展伸材用アルミニウム及び アルミニウム合金の国際合金記号	255
14.5	塗 装	194	21.5	合わせ板, 二重管, 二重棒の構成 (米国アルミニウム協会: Aluminum standards and data, 2003)	276
14.5.1	アルミニウムの塗装工程	194	21.6	日本工業規格(JIS)に規定する 機械的性質の値	277
14.5.2	塗装方法	194	21.7	アルミニウム関連 JIS 目録	331
14.5.3	塗料の種類	194	21.8	日本アルミニウム協会 団体規格基準・仕様・指針類 LIS (Light Metal Industrial Standard)	333
14.6	め っ き	194			
14.6.1	アルミニウムのめっき適性	194			
14.6.2	めっき工程	194			
14.7	アルミニウムほうろう(ほうろう仕上)	196			
15.	カラーアルミ	197			
15.1	概 要	197			
15.2	用 途	197			
15.3	標準仕様	197			
15.4	製造方法	197			
15.5	塗 料	198			
15.6	標準性能	198			
15.7	使用上の注意点	198			
15.8	合金・塗料別用途指針	199			
15.9	カラーアルミの耐候性	199			
16.	鍛 造	201			
16.1	鍛造用合金の機械的性質	201			
16.2	鍛造品の種類	202			
16.3	鍛造品の設計	203			
16.4	鍛造品の品質	203			
16.5	冷間鍛造品	204			

1. アルミニウムとは

1.1 わが国のアルミニウム産業

鉄、銅は紀元前5000～3000年、既に道具類、装飾品として人類の歴史に登場しているのに対し、アルミニウムの工業用材料としての基礎が、ホールとエルーによって確立されて、漸く100年を満したに過ぎない。アルミニウムが歴史的に若い金属といわれる理由はこのためであるが、アルミニウムはその優れた種々の性質から、身近な家庭用品から土木建築、輸送機、船舶、電気通信機器、産業機械とその用途分野は多様化すると同時に、量的にも鉄につぐ第2の金属材料に成長している。現在わが国は新地金の消費で世界第4位の地位を占めている。

日本のアルミニウム産業は第2次世界大戦後完全に閉鎖されたが、1948年生産が再開されて以来、日本経済の成長とともに急速な発展を遂げ、1950年の需要約6万トンが1995年以降、400万トンの水準になっている。

1960年代には日用品、家電製品の普及が需要拡大の原動力となり、1970年代にはアルミサッシに代表される建材需要、モータリゼーションの発達にともなう自動車、陸運部門への需要が増加してきた。現在、わが国における新地金消費は世界第4位となっている。わが国と米国の需要構成を比較すると、米国に比して、飲料缶や箔容器などでの食

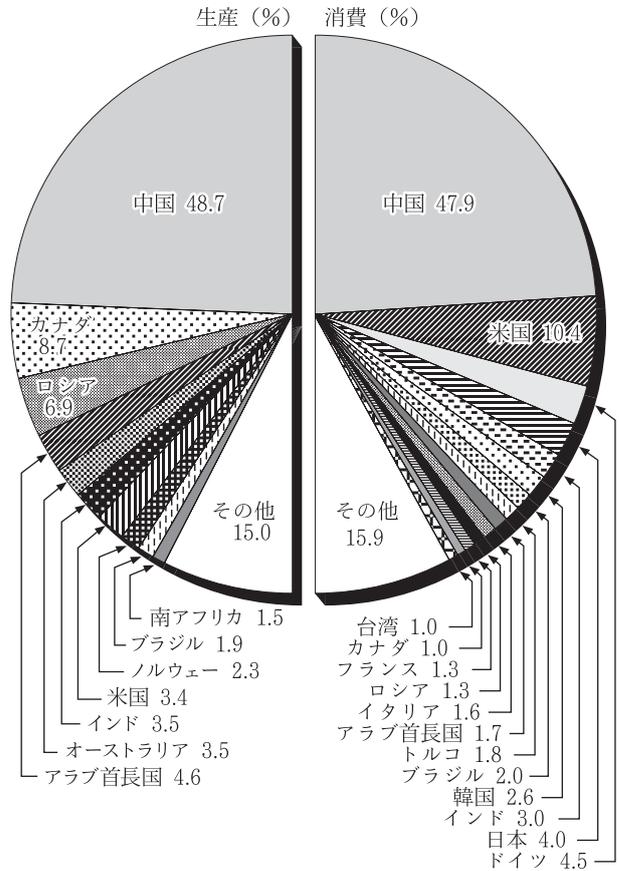


図 1.1.2 世界各国の新地金生産と消費（2014年）

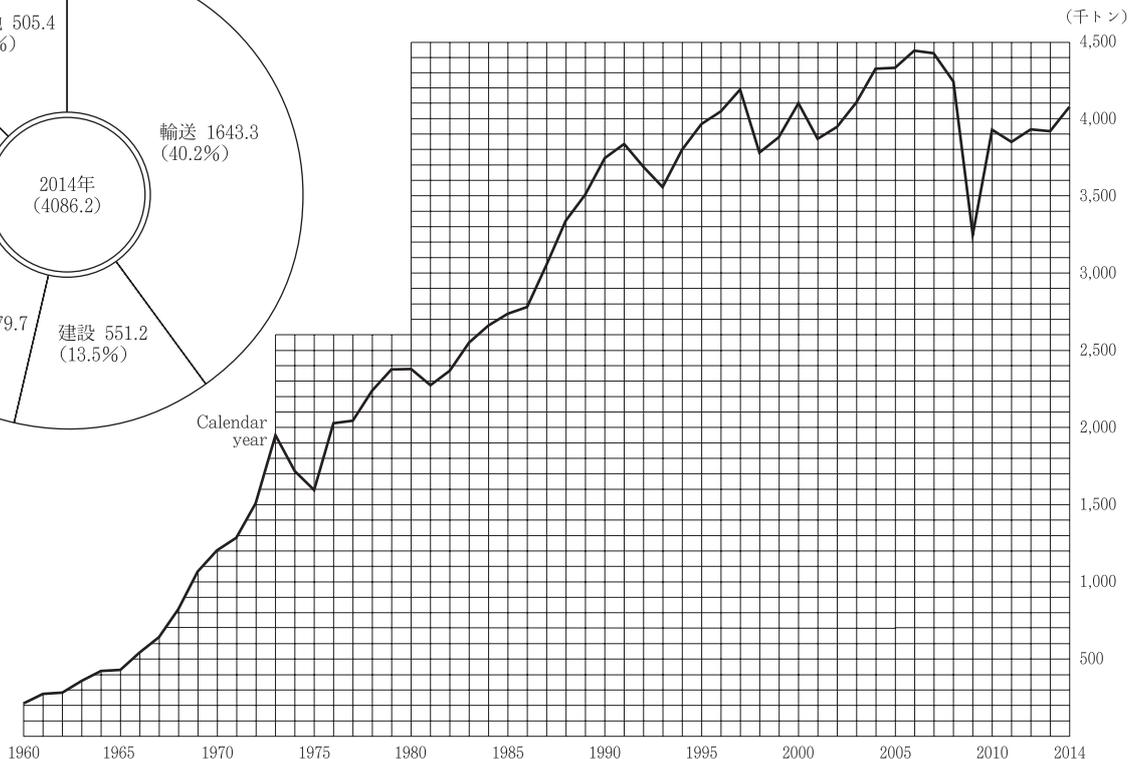
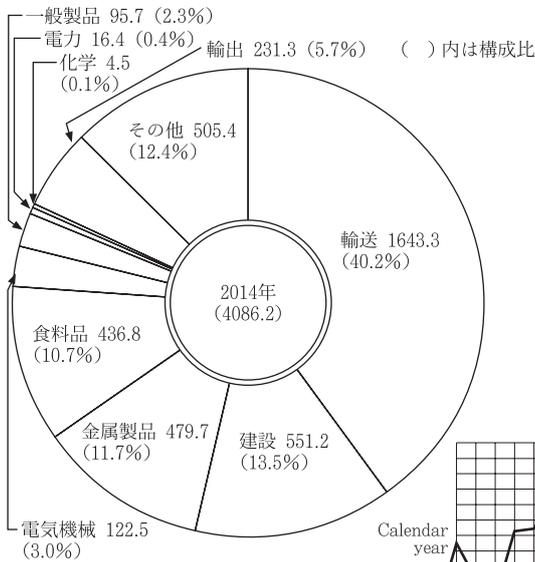


図 1.1.1 わが国におけるアルミニウム製品総需要および用途別需要構成の推移

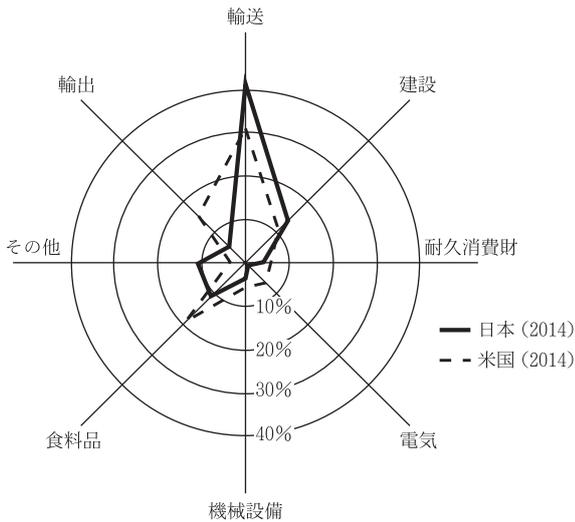


図 1.1.3 日米のアルミニウム総需要構成 (2014年)

料品の消費が少なく、この分野での一層の発展が期待されている。

日本のアルミニウム製錬は原材料を海外に求め、アルミニウム地金1トンの生産に要する約16,000kWの電力の大部分を石油を燃料とする火力発電によらざるをえなかった。このため、1973年のオイルショックに見舞われたアルミニウム産業は成長の鈍化を余儀なくされ、安定したアルミニウムの供給を得るため海外投資、技術供与を行ったほか、技術開発、産業構造、産業立地について真剣な対策が行われた。

深刻な不況に直面したとはいえ、現在ではアルミニウムは輸送機関のエネルギー消費改善と効率の向上、ハイテク分野の拡大、生活水準の向上による耐久消費の需要拡大、リサイクルによる省資源の促進などに、最も期待される金属材料としてあげられている。

1.2 特徴

1) **密度**：アルミニウムは密度が銅や鉄の約1/3であり、自動車、鉄道車両、船舶、航空機などの交通機関、建築、土木などの分野で軽量化に役立っている。

2) **耐食性**：大気中で自然に耐食性のよい酸化皮膜が形成され、自己防護するので優れた耐食性をもっている。鉄鋼のように赤さびを生ずることがない。

3) **加工性**：展延性に富み、板、はく、棒、管、線、形材など種々の形状の製品を容易に製造することができる。成形加工、切削加工なども容易であるので、きわめて広い用途で使用される。

4) **表面処理**：無色透明な酸化皮膜を表面に形成させるアルマイト処理により、美しい銀白色の金属光沢を保持したまま耐食性、耐摩耗性を飛躍的に改善させることができる。また、染色、自然発色、電解発色などの方法により種々の色調を与えることができるため家庭用品、建築物の内外装にも多く使用される。

5) **強度**：合金の種類、質別によって引張強さは70~600 N/mm²と変化させることができるので、用途に応じて適切なものを選ぶことができる。

6) **低温特性**：温度が低下するにつれて強度は上昇し、超低温範囲に至るまで普通鋼のような低温ぜい性を示さない。このため低温プラント装置にも広く使われている。

7) **電気伝導性**：純銅の約60%の導電率を有し、銅の半分程度の重さのアルミニウムを使用して銅と同量の電流を通すことができ、送電線、配電線として適している。

8) **熱伝導性**：熱を伝えやすく、熱交換器、エンジン部品、家庭用品、冷暖房装置に使用されている。

9) **反射性**：アルミニウムの表面の光は、熱、電波をよく反射するので、暖房器の反射板、照明器具、パラボラアンテナに用いられる。

10) **非磁性**：電磁気の磁場にほとんど影響されず、磁気をおびることがない。非磁性を必要とする各種電気機器に用いられる。

11) **無毒性**：毒性がなく、食品類との反応もないので、食品包装容器、家庭用器物に適している。

12) **リサイクル性**：スクラップの再生が他の金属に比べ非常に容易で、スクラップ価値が高い。このため資源の有効活用、廃棄物公害防止に役立っている。

1.3 種類

アルミニウムは軟らかく、展伸性に富むが、用途によってさらに強度を高めるなどの性質を改善する必要がある場合には、種々の元素を加えたアルミニウム合金として使用される。

アルミニウム合金は板、箔、形材、管、棒、線、鍛造品などの展伸材、鋳物、ダイカストなどの鋳造材に大別される。

アルミニウム合金の分類を次に示す。

展伸材	非熱処理型合金	<ul style="list-style-type: none"> 純アルミニウム (1000系) Al-Mn 系合金 (3000系) Al-Si 系合金 (4000系) Al-Mg 系合金 (5000系)
	熱処理型合金	<ul style="list-style-type: none"> Al-Cu-Mg 系合金 (2000系) Al-Mg-Si 系合金 (6000系) Al-Zn-Mg 系合金 (7000系)
鋳造材	非熱処理型合金	<ul style="list-style-type: none"> Al-Si 系合金 Al-Mg 系合金
	熱処理型合金	<ul style="list-style-type: none"> Al-Cu-Si 系合金 Al-Cu-Mg-Si 系合金 Al-Mg-Si 系合金

展伸材と鋳造材はそれぞれ非熱処理型合金と熱処理型合金に大別される。非熱処理型合金は製造のまま、あるいは圧延、押出し、引抜きなどの冷間加工によって、熱処理型合金は焼入れ、焼もどしなどによって、それぞれの所定の強度を得るものである。ただ、熱処理型合金の場合でも、熱処理によって得られる強度よりさらに高い強度を得るため冷間加工することがあり、非熱処理型合金の場合にも、焼なまし、安定化処理のような熱処理が施されることがある。さらに、これらの合金は主要添加元素の種類によって分類することができる。個々の合金の特性は各合金系のみならず類似性を示すので、この分類を理解することは使用材料を選択するうえで便利ことが多い。

1.4 呼称

個々のアルミニウム合金には分類に従って呼称がつけられている。

1) 展伸材の呼称

JIS では個々のアルミニウム合金材料に次の例に示すような表示で呼称をつけている。

A5052P-H34 (非熱処理型合金の例)

A6063TE-T5 (熱処理型合金の例)

最初の A はアルミニウム合金を示し、続く 4 桁の数字は合金分類を示す。この 4 桁の数字は国際登録アルミニウム合金名にならって表示され、第 1 位の数字は合金系を、第 3, 4 位の数字は個々の合金の識別を示すが、合金系表示の第 1 位が 1 の場合、すなわち純アルミニウム系材料では純度を示す。第 2 位の数字は 0 が基本合金を示し、1 以降の数字については、基本合金の改良または派生合金であることを示す。ただし、わが国で開発され、国際アルミニウム合金に相当する合金を見出せない場合は第 2 位目の数字に代えて N を記す。

4 位の数字に続いて 1~3 個のローマ字が附されるが、これは材料の形状および製造条件を示す記号、あるいは寸法許容度を示す等級記号である。

ハイフォンに続く H または T を冠した数字は材料の加工硬化状態または熱処理状態などの調質を示す質別記号であるが、他に F, O などの文字が使用される。質別記号の詳細については 1.6 に述べる。展伸材の形状および製造条件を示す呼称の記号とその意味を表 1.4.1 に示す。

表 1.4.1 製品形状および製造条件を示すおもな JIS 記号

記号	意味	記号	意味
P(PS)	板, 条, 円板(同左特殊級)	TW(TWS)	溶接管(同左特殊級)
PC	合わせ板	TWA	アーク溶接管
H	箔	S(SS)	押出型材(同左特殊級)
BE(BES)	押出棒(同左特殊級)	FD	型打鍛造品
BD(BDS)	引抜棒(同左特殊級)	FH	自由鍛造品
W(WS)	引抜線(同左特殊級)	H	はく
TE(TES)	押出継目無管(同左特殊級)	BY	溶加棒
TD(TDS)	引抜継目無管(同左特殊級)	WY	溶接ワイヤ

2) 鋳造材の呼称

JIS による鋳造材の呼称例を次に示す。

AC4C (鋳物製品記号の例)

ADC12 (ダイカスト製品記号の例)

AC4C.1, AC4C.2

(AC4C 鋳物に対応する地金記号の例:

“1.” および “2.” は純度区分を表し、

“2.” が高純度ベースの地金である。)

最初の A は展伸材と同様、アルミニウム合金であることを示す。A に続く C (Casting), DC (Die Casting) の記号は製品記号でそれぞれ鋳物、ダイカストであることを示している。製品記号に続く 1, 2, 3……の数字は添加元素による種別を示す。数字の次に続く A, B, C などの記号は同一合金系の中で合金元素の添加量が異なることを示す。質別記号は展伸材と同じ要領で使用される (表 1.6.1 参照)。

1.5 一般的性質

アルミニウム合金のおもな性質は添加元素の種類、量によって影響される。したがって材料の選択にあたっては個々の使用目的に応じて最適な性質をもつ合金を選ばなければならない。

1.5.1 展伸材

代表的なアルミニウム合金展伸材の一般的性質を表 1.5.1 に示すが、合金系ごとに類似な性質をもつ。

表 1.5.1 代表的なアルミニウム合金展伸材の一般的性質

合金	質別	(1) 耐食性	(1) 耐食割れ性	(1) 成形性	(2) 切削性	(1) ろう付性	(1) 溶接性			(1) 鍛造性
							ガス	アルゴン	抵抗	
1050	H24	A	A	A	D	A	A	A	A	—
1100	O	A	A	A	E	A	A	A	B	A
	H24	A	A	A	D	A	A	A	A	A
	H18	A	A	C	D	A	A	A	A	A
2011	T3	D	C	C	A	D	D	D	D	—
	T8	D	A	D	A	D	D	D	D	—
2014	T4	D	C	C	B	D	D	B	B	C
	T6	D	C	D	B	D	D	B	B	C
2017	T4	D	C	C	B	D	D	B	B	—
2024	T4	D	C	C	B	D	D	B	B	—
2218	T72	D	C	—	B	D	D	B	B	D
3003	O	A	A	A	E	A	A	A	B	A
	H24	A	A	B	D	A	A	A	A	A
	H18	A	A	C	D	A	A	A	A	A
3004	O	A	A	A	D	B	B	A	B	—
	H32	A	A	B	D	B	B	A	A	—
	H34	A	A	B	C	B	B	A	A	—
	H36	A	A	C	C	B	B	A	A	—
4032	H38	A	A	C	C	B	B	A	A	—
	T6	C	B	—	—	D	D	B	C	—
5005	O	A	A	A	E	B	A	A	B	—
	H34	A	A	B	D	B	A	A	A	—
	H38	A	A	C	D	B	A	A	A	—
5052	O	A	A	A	D	C	A	A	B	—
	H34	A	A	B	C	C	A	A	A	—
	H38	A	A	C	C	C	A	A	A	—
5154	O	A	A	A	D	D	C	A	B	—
	H34	A	A	B	C	D	C	A	A	—
	H38	A	A	C	C	D	C	A	A	—
5454	O	A	A	A	D	D	C	A	B	—
5083	O	A	B	B	D	D	C	A	B	—
5086	O	A	A	A	D	B	B	A	B	—
	H32	A	A	B	D	B	B	A	A	—
	H34	A	B	B	C	B	B	A	A	—
	H36	A	B	C	C	B	B	A	A	—
5056	H38	A	B	C	C	B	B	A	A	—
	O	A	B	A	D	D	C	A	B	—
5110A (5N01)	O	A	A	A	E	A	A	A	B	—
	H24	A	A	A	D	A	A	A	A	—
6063	T5	A	A	C	C	A	A	A	A	—
	T6	A	A	C	C	A	A	A	A	—
6005C (6N01)	T5	A	A	C	C	A	A	A	A	—
	T6	A	A	C	C	A	A	A	A	—
6061	T4	B	B	B	C	A	A	A	A	D
	T6	B	A	C	C	A	A	A	A	—
7003	T5	B	B	C	B	D	D	A	A	D
	T4	B	B	C	B	D	D	A	A	B
	T5	B	B	C	B	D	D	A	A	D
7204 (7N01)	T6	B	C	C	B	D	D	A	A	—
	T4	B	B	C	B	D	D	A	A	B
	T5	B	B	C	B	D	D	A	A	D
7075	T6	C	C	D	B	D	D	C	B	D
	T6	C	C	D	B	D	D	C	B	D

注 (1) 良好なものから順に A~D の 4 ランクにわけてある。A および B のものは実用上ほとんど問題がないが、C および D のものには何らかの対策が必要か、あるいは制約条件に注意を要する。成形性、ろう付性、溶接性が D の場合は、一般にそれらの施工を行わないほうがよい。

(2) 良好なものから順に A~E の 5 ランクにわけてある。A は切屑処理が容易である。ランクが下位になるほど切削速度などの条件の制約が厳しくなる。