

製造現場における切削条件と製造コストの関係 [2]

生産技術科 広原 朋昭 太田 元一

1 はじめに

製造業で稼働している工作機械は、非常に高価であり、その上、高い加工精度を求められ、さらに人件費も上昇しているなかで、コストダウンを要求される厳しい時代となっている。

平成28年度に企業に向け実施した、アンケート調査（以下企業ニーズ調査と略す）の結果においても、求められる人材として「工程の効率を検討する能力の向上」、「製造コストを検討する能力の向上」のポイントが高かった。

そこで、作業工程や製造コストに関する教材を作成するとともに、生産技術科の2年次の教科「生産工学」の見直しを行うこととした。

2 教科の見直しと他教科との連携

2.1 生産工学のカリキュラム

この教科の内容は、国の定める教科の細目に沿った形で進めている。生産工学の教科の細目を表1に示す。

教えている内容には、学生にとって馴染みのない言葉が多い。例えば、機械費と作業費の関係についての問題では、工作機械に投資できる金額を、減価償却費や機械購入額、固定資産税、金利、利息、人件費の条件から公式に当てはめて計算するなど、企業を運営する立場の方に向けた、経営上の問題が多い。当科の学生にとっては、少ない時間の中でこの範囲を網羅して理解させるには、難しいと考える。さらに、学生が就職する職種先は、機械加工・製造技術関連や設計・製図関連、保守が多く、企業経営に携わることは少ない。

このことから、生産工学の内容については検討する余地があると考えて、教科の細目を参考にしながら見直しを行った。

表1 機械システム系生産技術科の細目

教科の科目	教科の細目
生産工学	生産計画、工程管理、品質管理、作業標準、原価管理、工業法規・規格、信頼性理論

2.2 他教科と連携した教育

生産工学の内容は、学生の就職先となる加工分野に関連したほうが適切と考える。また、学生の好きな教科に、加工実習が多い。

このことから、学生が好きな教科である加工実習訓練（1年次後期の機械加工実習II、2年次前期の制御工学実習II）に、加工作業だけでなく、製造コストに関

する内容を盛り込むことにする。例えば、刃物の材種と被削材の種類、表面性状の要求値から切削条件を求める仕方を教育している。今後は、加工時間や工具寿命、工具のたわみ量の求め方を教えて、製造コストを導くことができるように教育する。進め方としては、以下のようにした。

- ① 製造コストの構成
- ② 切削条件によるコストへの影響
- ③ 経済的切削条件の算出例
- ④ コストダウンへの対策

学生の理解度を高めるには、生産工学の授業時間だけでなく、他の教科においてもコストに関する教育を継続的に行うことが効果的と考える（図1）。そのため、昨年度の講師研究においては、企業ニーズ調査の結果を受けて、工業材料の教科について見直しを行った。教科細目のうち「金属結晶と鉄・炭素の平衡状態図、金属生成法」を重点に教えていた進め方を、材料選定とコストの関係について教える進め方に変更している。

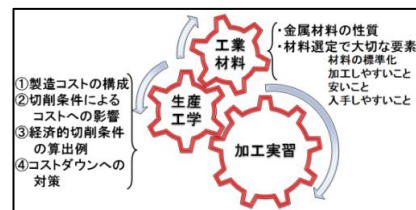


図1 他教科と連携イメージ

3 作成した内容

3.1 切削条件の違いによるコストへの影響

工業材料でコスト低減について教えているため、生産工学では、初めから丁寧に教える必要がなくなり、次の段階として切削に係るコストへの影響について教えることとした。製造コストの構成（工具費、材料費、人件費、設備費等）から始め、コストの算出には、図2のように加工費と工具費、工具交換費、再研磨費等を足した計算になる。

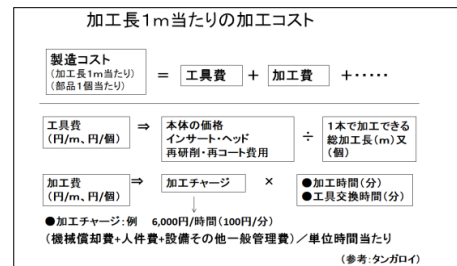


図2 製造コストの計算式

製造コスト計算式を用いた例として、表2のようなドリルを題材に、工具材質、ならびに工具交換方式の違いドリルを使った場合の製造コストについて比較する。ハイス材質のドリルは、工具費は安い、工具寿命は短く、切削速度も低いため、加工費が高くなり、総合的に製造コストは他の超硬ドリルより高くなること分かる。

表2 各種ドリルのコスト比較

● S45C ドリル径φ15mm L/D=3 標準的な条件での加工の場合					
	刃先交換式ドリル	ヘッド交換式ドリル	超硬ソリッドドリル内部給油	超硬ソリッドドリル外部給油	粉末ハイスコーティングドリル
材質	超硬	超硬	超硬	超硬	ハイス
切削速度V(m/min)	170	100	130	100	40
送りf(mm/rev)	0.07	0.28	0.30	0.30	0.50
回転数n(min ⁻¹)	3609	2123	2760	2123	849
送り速度F(mm/min)	253	594	828	637	424
本体標準価格	¥45,400	¥39,100	¥32,100	¥22,900	¥7,000
インサートの価格	¥920	¥10,020	—	—	—
再研削費×4回	—	—	¥16,000	¥16,000	¥14,000
寿命までの総工具費	¥91,400	¥339,700	¥48,100	¥38,900	¥21,000
工具費	¥45.7	¥188.7	¥185.0	¥243.1	¥420.0
加工費(交換費含)	¥401	¥169.7	¥140.2	¥188.3	¥286
加工長1m当りの製造コスト	¥446.5	¥358.6	¥325.0	¥431.4	¥705.8

このことから、製造コスト低減には、工具費だけでなく加工費を考慮することが重要であり、そのためには、工具の材質の違いによって切削条件(送り、切り込み量、切削条件)を設定できるノウハウがあることが、製造コストを学ぶ上で重要となる。

32 経済的切削条件の算出

経済的切削条件を求めるには、工具寿命方程式を使う。工具寿命とは、工具交換を判断する目安のことで、加工を続けるとバイトの刃は磨耗して、切れ味や、表面性状、寸法精度が悪くなる。旋盤加工の場合、工具では切削速度を高くすると、工具寿命の加工時間は短くなる。この傾向を表した工具の寿命時間のグラフが図3に示す。工具が寿命に達すると、スローアウェイ・チップの場合はチップ交換、ロー付けバイトの場合は、再研削となる作業を行う。この工具寿命方程式の求め方は、今まで授業で教えることはなかった。

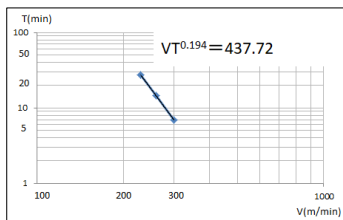


図3 V-T線図

この工具寿命方程式と製造コストの関係は、切削速度を高くすると、切削時間が短くなるため加工費は安くなるが、逆に、工具寿命は短くなるため工具費は高くなる。これらを合わせた関係式は、図4に示す2次曲線となる。この2次曲線の凹部が、経済的にコスト

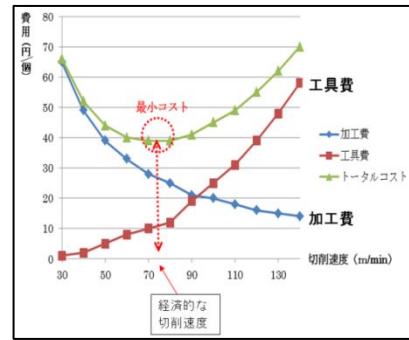


図4 経済的切削条件の結果

の低い切削条件と判断することができる。

33 コストダウンへの対策

加工実習訓練では、主に各工作機械の操作方法から切削条件の設定、加工工程の検討など自ら考えて加工できる訓練を繰り返し行っている。今後は、さらにコストダウンを意識するような授業の進み方にする。例えば、図5のように、学生に馴染み易い加工実習の課題を取り入れて、加工工程の検討と使用工具の選定、切削条件の設定をして、さらに部品製造に係るコスト計算と工具に関する改善策を提案してもらう。このような演習問題を繰り返し行うことで、コストダウンへの意識や能力が身に付けられると考える。

工具費改善演習問題

1) 月間工具費はいくらか
月間工具費H=生産量P×原単位G

2) 月間工具費を低減する案を提案せよ

品名	シャフト	使用チップ	型番	CNMG160404
加工箇所	外径粗加工	材質	T1200A(チタニウム)	
材質	S45C	価格	1250円	
硬度	HB250			
生産量	5,000本/月	加工長	130	

切削条件
回転数 600 rpm
切削送り 100 mm/min

工具寿命: 6 本/バイト

図5 改善演習問題

4 まとめ

本校の生産技術科は、設計・加工・制御分野を教育訓練しており、就職した先でも即戦力として活躍している。今後は、本校の特徴を益々発揮できるように、作業工程の効率化を検討できる能力、部品製造に係るコスト計算する能力を培うことができるように訓練の強化を行い、将来、企業内で中核人材として活躍できる人材育成を考えていきたい。

5 参考文献

- (1) 教科の細目、職業能力開発総合大学校基盤整備センター、
http://www.tetrasuite.co.jp/database/semmon_ouyou_katei_high/info_all
- (2) 宮崎 勝美, 工具学, 大河出版
- (3) 能力開発セミナー-高能率・高精度穴加工技術,
(株) タンガロイ