

共同研究と開発課題 —熱硬化性エラストマー型ウレタン注型実験装置の開発—

篠崎健太郎^{*1}, 浜田 真^{*2}

ウレタン注型機は、主剤であるウレタン樹脂と硬化剤を高温に保ち、一定比率で混合した後、型に注ぎ込む装置である。主剤は、多くの種類が存在し、種類によって混合させるときの温度が異なる。これらに対応するための注型機を開発することを開発課題のテーマとした。開発は、株式会社樽井鉄工所との共同研究とし、単位科目である開発課題で行うことで、学生の訓練教育を兼ねることとした。

Keywords: ウレタン注型機, グループワーク, 温度制御.

1. はじめに

開発課題は、卒業制作の一環として複数の科が10人程度のグループを形成し、1つのテーマに取り組む課題である。開発計画や設計、製作、試験、発表を学生自らが行うことで、グループワークを行う為の能力を身に付ける目的がある。また、株式会社樽井鉄工所より1名生産機械システム技術科に学生として入学し、開発課題を受講することとなった(以下、企業学生とする)。開発テーマについて、ウレタン注型機は、主剤であるウレタン樹脂と硬化剤を高温に保ち、一定比率で混合した後、型に注ぎ込む装置である。主剤は、多くの種類が存在し、種類によって混合させるときの温度が異なる。これらに対応するための実験用注型機を開発することとした。

2. 概要

2.1 グループの体制 ウレタン注型機の開発をテーマとした本グループのメンバーについて、生産電気システム技術科学生4名と担当講師1名、生産機械システム技術科学生5名と担当講師1名の学生9名、講師2名で構成された。企業学生は装置開発の経験がある。学生は、グループワークを行う為に、役割分担を行う必要がある。役割は主に、リーダー・書記・物品管理・工程管理がある。リーダーは、グループを取りまとめ、報告会打ち合わせや担当先生への情報交換など、対外的な窓口となる。書記は、ディスカッションの議題や資料の取りまとめなど、事務的なものの取りまとめを行う。物品管理は、発注する物品を管理し、請求物品における重複の解消や在庫確認、予算管理などを行う。リーダーは、生産機械システム術科より1名決定した。開発するウレタン注型機は、企業との共同研究であるため、企業側から機器や材料の提供を受けるため、物品が複雑である。よって、企業学生は物品管理を担当した。

2.2 開発装置仕様 ウレタン樹脂は主剤(ポリオール)と硬化剤(イソシアネート)を混合し反応させることで凝固する[1][2]。どちらも様々な種類の主剤、硬化剤が販売されている。これらの中には主剤、硬化剤共に

室温で液体のものもあれば、硬化剤の溶融温度が110〔℃〕であるものまで存在する。開発テーマであるウレタン注型機(以下、開発機)は、高粘度の液体の材料と硬化剤を別々のタンクに入れ、それぞれ反応しやすい温度に調整し、ミキシングヘッドに圧送し混合しながら吐出させる機械である。図1に開発を行った学生と本装置を示す。基本仕様については表1に示す。

2.3 システム構成 ウレタン注型機は、攪拌制御系、温度制御系、吐出量制御系、システム制御系の4つの系統によって分けられている(図2)。攪拌制御系は、A1及びBタンクの攪拌を行う攪拌モータの回転数をインバータで制御する。温度制御系は、A1及びBタンク内に設定した温度センサからタンク内の温度情報を温度ユニットが取得し、目標温度になるまで熱風発生器を動作させることで温度制御する。吐出量制御は、A1及びBタンクからダクトを通してミキシングヘッドに主剤や硬化剤を流すための送液ポンプの送液量をインバータで制御する。システム制御系は、A1及びBタンクの脱泡をするために真空ポンプを作業させる。ソレノイドバルブにより弁を開閉することで、主剤と硬化剤を混ぜたウレタンエラストマーをミキシングヘッドより吐出する。送液ポンプによって押し出された主剤もしくは硬化剤の吐出タイミングについてソレノイドバルブを使った弁の開閉で制御する。タッチパネルは、攪拌制御系、温度制御系、吐出量制御系、システム制御系から送られてくるモータの回転数や温度、エラー情報などを表示する。また、攪拌モータや送液ポンプの回転数や温度制御の目標値などの設定を変更することもできる。

3. 工程計画

ウレタン注型機の開発について、工程計画は図3のとおりとなった。1年で共同研究先に引き渡すことになっていたためタイトな計画となった。課題を進めていくと徐々に遅れが生じ始めた。遅れた工程は主に機械系は装置の部品図で、電気系では電気回路図面である。遅れた大きな要因は、部品点数が多いこと、装置の使用に慣れていないこと、制御装置の出力を最小限

^{*1} 生産電気システム技術科

^{*2} 生産機械システム技術科

(現 北陸職業能力開発大学校)

表 1 基本仕様

項目	内容
装置外形 W×D×H [mm]	2000 ×1200 ×1600
最大注型容量 [ℓ]	20
吐出能力 [gf/min]	800~3000
吐出量誤差 [%]	±5
材料最高加熱温度 [°C]	100
硬化剤最高加熱温度 [°C]	120
温度制御誤差 [°C]	±3
定格消費電力 [kW]	20



図 1 ウレタン注型機と学生

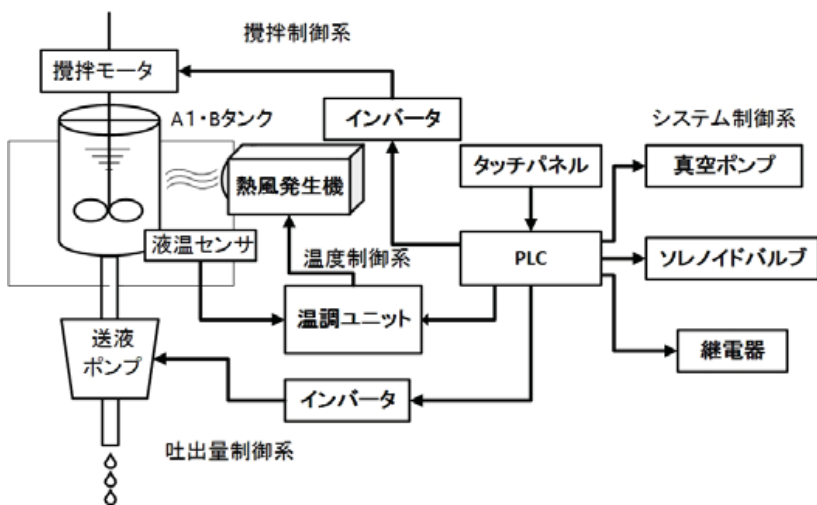


図 2 システム構成図



(a) 攪拌用パドル

(b) 中央制御盤

図 4 装置の特徴

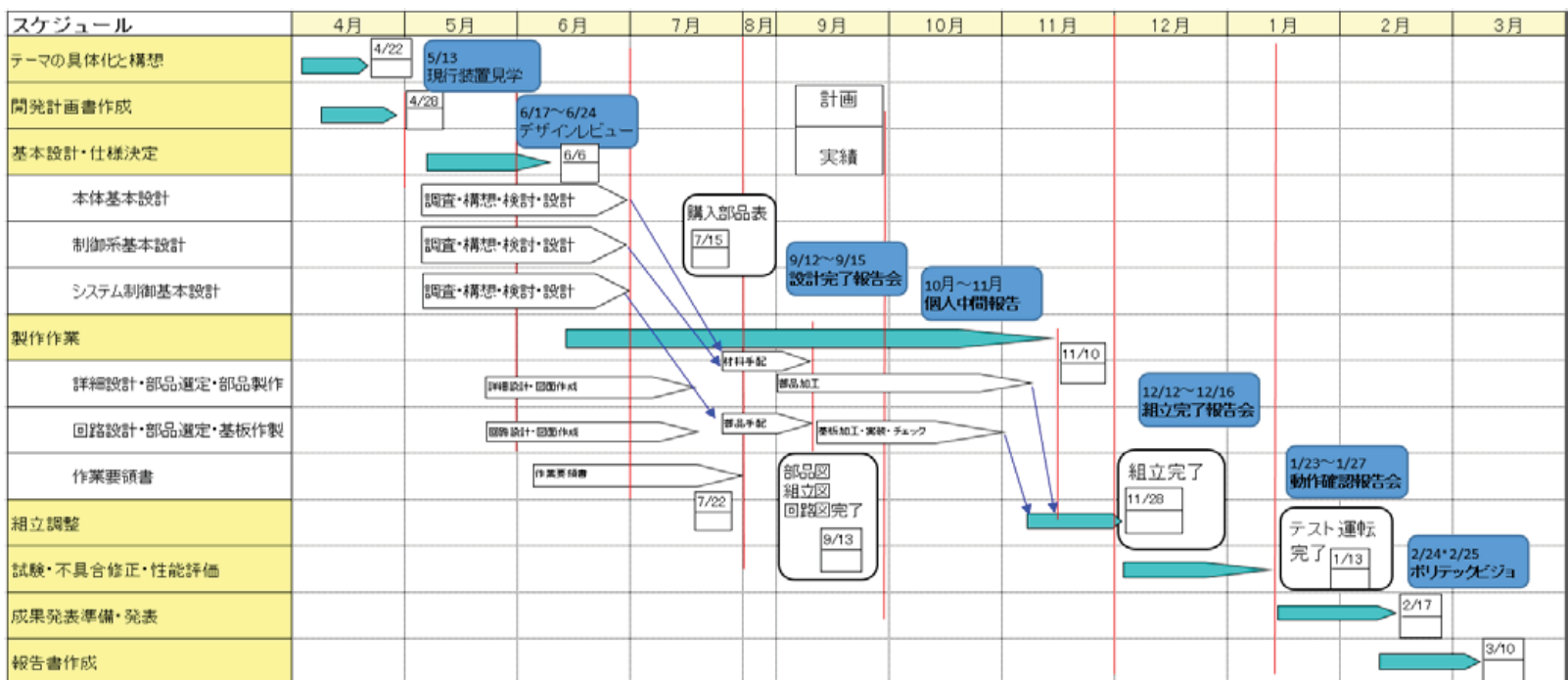


図 3 工程計画

に抑えること、共同研究であり予算の圧縮を例年以上に意識したことで材料選別に時間をかけたため作図と修正を繰り返し替えたことである。設計について、学生に完成度の高いものを要求すると遅れが生じてしまう。遅れが生じない指導方法の改善を行う必要がある。結果的に開発課題終了となる3月までに、装置はほぼ完成し、一部の運転確認はできたものの装置全体を通した試運転には至らなかった。

4. 装置の特徴

4.1 攪拌機 攪拌機は、タンク内の液体温度を均一に加熱することが目的である。攪拌で使用する羽根形状は、低速で運転させることからパドル式を選定した(図4(a))[3]。攪拌方法は、液体温度が均一になるよう、パドル式と斜め板が軸方向流を起し、邪魔板は、径方向流を発生させるように工夫した。材質は、耐食性を考慮しSUS304を使用した。

4.2 フレームと外板 3DCADでフレームを組み合わせたモデルを製作し、仕上がりを確認した。3DCADを平面図に起こしアングル材の接合部形状を確認、修正しつつ仕上げた。

フレームの外側に貼る外板には、現場での耐食性を考慮し、ステンレス板(SUS304)を使用している。外板は軽量化のため、厚さ1.0[mm]程度のものを利用した。

4.3 制御盤 ウレタン注型機における3箇所制御盤に、制御盤を製作した。核制御盤の役割は以下のとおりである。

①中央制御盤：各制御系の入出力を統合し管理する。設計された製造工程を順次実行する制御盤である(図4(b))。

②操作盤：温度、圧力、モータ回転数などの設定や監視を行う制御盤である。3台の7インチタッチパネルから構成されている。1台が操作用で残り2台は監視用である。

③熱風用制御盤：主剤及び硬化剤を一定温度まで上昇させる制御盤である。A-1タンクとBタンクを乾燥炉に収め、熱風発生器により乾燥炉内の温度を上昇させることで主剤及び硬化剤の温度を一定の温度まで上昇

させ、均一に保てるよう温度管理を行う。

4.4 温度制御 市販機では熱風発生器の熱風温度だけを制御するのに対し、ウレタン注型機では制御対象の液体温度そのものを信号としフィードバック制御を行うこととした。これで、精密な液体温度制御を行うことが出来る。しかし、温度制御装置は、完成には至らなかった。原因は、PLCの温度制御ユニットを接続する温度センサの制御電圧が異なり、温度制御ユニットに正常な温度情報が送信されなかったためである。温度センサに専用の電源を設けるなど対策を行ったが、問題を解決することが出来なかった。

5. おわりに

タンク内に温度センサを設け、熱風発生器の出力を制御する装置を完成させたが、装置全体を通した試運転には至らなかった。計画について、重視すべき学習内容について指導を改善する必要がある。企業学生と共に実習を行った学生について、適度な緊張感をもって実習を行っており、集中しつつも適度にコミュニケーションが取れていた。今後もこのような機会が増えることを願う。

最後に共同研究と共に学生の教育に寄与していただきました株式会社 樽井鉄工所様に深く感謝いたします。

文献

- [1] 日本ウレタン協会 ウレタンとは
http://www.urethane-jp.org/shiritai/shiritai_02.html,
2016.6.11
- [2] ウレタンフォームの特徴 -特徴, 諸性質, 用途等-
<http://www.urethane-jp.org/qa/koushitsu/k-1.htm>,
2016.6.11
- [3] 攪拌機の選定基準
http://www.tohkemy.co.jp/item/tec_p182.html,
2016.6.11

(2017年06月30日提出)