

РЕГУЛАЦИЈА ТЕМПЕРАТУРЕ ТЕРМАЛ УЉА У ПРОЦЕСУ ПРЕДЖЕЛИРАЊА ПАСТЕ У ПОГОНУ ЗА ПРОИЗВОДЊУ PVC ПОДА**TEMPERATURE CONTROL OF THERMAL OIL IN PASTE JELLIFICATION PROCESS IN THE PVC FLOOR PRODUCTION PLANT**

Александра Максимовић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – Електротехника и рачунарство

Кратак садржај – Предмет овог рада је анализа тренутног стања регулације температуре термал уља у фабрици за производњу хетерогених PVC подова. Најпре биће детаљно приказан опис система и технолошког процеса који се у њему дешава. Посебан акценат биће на томе како је реализована регулација температуре термал уља и које су кључне компоненте регулационог система. Затим ће бити појашњене све функције и параметри који се могу подешавати у коришћеном регулатору, као и које од њих се користе у конкретном случају. На крају, биће приказани одзици температуре у различитим случајевима, након подешених параметара регулатора.

Кључне речи: температура, регулација, параметри

Abstract – The subject of this study is an analysis of the current state of temperature control of thermal oil in paste jellification process at the plant for heterogeneous PVC floors production. First of all, a detailed description of the system and technological process will be presented. A special emphasis will be on how temperature of thermal oil is currently regulated and what are the key components of the regulation system. Then all the functions and parameters that can be set in the chosen regulator will be explained, with special accent on which one are used in the particular case. Finally, after the adjusted parameters of the regulator, temperature charts will be shown, for different situation in explained process.

Keywords: temperature, regulation, parameters

1. УВОД

Процес производње хетерогених PVC подова је такав да се на основу од стакленог флиса наноси више слојева PVC пасте. Паста представља смешу PVC праха, омекшивача и стабилизатора. Процес производње је континуалан, што значи да нема паузе између наношења појединачних слојева.

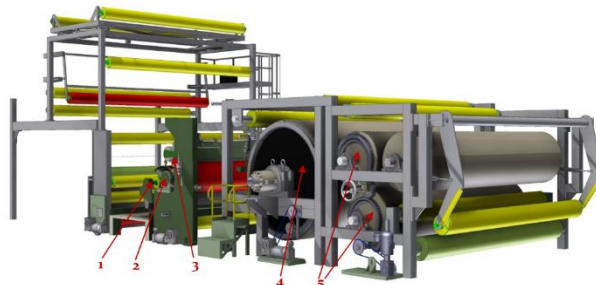
Изглед опреме потребне за процес наношења једног слоја пасте приказан је на слици 1. Робна трака преко уводног ваљка долази до премазног ваљка где се испушта паста.

Дебљина наноса пасте се регулише подешавањем зазора између премазног ваљка и премазног ножа,

НАПОМЕНА:

Овај рад је проистекао из мастер рада чији ментор је био проф. др Дарко Марчетић.

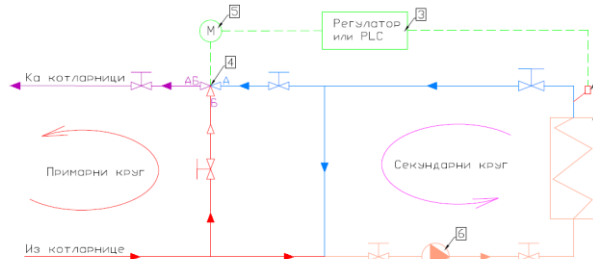
тако што се нож подиже или спушта у зависности од захтева производње. Даље, робна трака прелази преко цилиндра за преджелирање, где се одвија процес згушњавања пасте на високој температури и испаравања дела течности. Бубањ је изграђен од дуплог плашта, који чине унутрашња и спољашња цев. Између њих се налазе преграде спиралног облика кроз које протиче термално уље, загрејано на температуру задате вредности. Веома је битно да температура не одступа од задате вредности, како не би било утицаја на квалитет финалног производа. Након процеса преджелирања, робна трака се преноси до ваљка хлађења који теже да смање температуру робе и припреме је за наношење следећег слоја.



Слика 1. Изглед опреме: 1. Уводни ваљак, 2. Премазни ваљак, 3. Премазни нож, 4. Цилиндар за преджелирање, 5. Ваљци за хлађење

2. ПРИНЦИП НАМЕШАВАЊА ТЕРМАЛ УЉА У ЦИЛИНДРУ ЗА ПРЕДЖЕЛИРАЊЕ

Температура термалног уља потребна за процес преджелирања пасте добија се намешавањем врелог уља које стиже из котларнице (280°C) и уља које излази из бубња. Уље из котларнице (означено црвеном бојом на слици 2) се преко трокраког вентила додаје уљу које излази из цилиндра за преджелирање (означено црвеном бојом на слици 2).

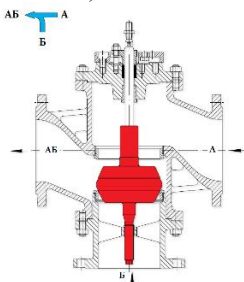


Слика 2 – Принципска шема намешавања термалног уља: 1. Цилиндар за преджелирање, 2. Мерач температуре, 3. Управљачки склоп, 4. Трокраки мешни вентил, 5. Актуатор, 6. Пумпа секундарног круга

На овај начин трокраки вентил директно намешава уље које се враћа ка котларници, а индиректно уље које одлази ка цилиндру. Трокраким вентилом управља серво мотор који прецизно остварује потребан положај вентила, додајући таман онолико врућег уља колико је потребно да се одржи жељена температура.

2.1. Трокраки (мешни) вентил

У посматраном систему користи је трокраки вентил *Ari STEVI 423*, у функцији мешног вентила. Састоји се од три крака, два улазна (А и Б на слици 3) и једног излазног (АБ на слици 3).



Слика 3 – Трокраки мешни вентил

Вруће термал уље из котларнице долази преко преко улаза Б у мешни вентил. На улаз А долази уље које излази из бубња. Уље са улаза А и Б се меша и преко излаза АБ враћа у котларницу где се догрева на 280°C.

Ради лакшег схватања принципа рада, биће објашњени екстремни случајеви, који у посматраном систему у трајном раду нису реални. Када је клип вентила подигнут у крајњи горњи положај, са улаза А се не преноси уље на излаз, већ само са улаза Б. Уз котларнице се враћа у котларницу и тај ток представља примарни круг на слици 2. У том случају уље које излази из бубња, поново се враћа у њега (секундарни круг на слици 2). Кружење уља у секундарном кругу омогућава пумпа (на слици 2 означена бројем 6). Када је клип вентила спуштен у крајњи доњи положај укупна количина уља које долази из котларнице иде ка бубњу, а уље које излази из бубња враћа се назад ка котларници.

У реалном случају, док постоји одношење топлоте приликом проласка робне траке преко бубња, клип вентила не може бити константно у крајњем горњем положају. Када би имали такву ситуацију, уље би при сваком проласку имало све нижу температуру и не би били остварени услови потребни за процес који се одвија. Такође, клип вентила у редовном раду не може бити ни у крајњем доњем положају. Температура долазног уља у бубањ би била 280°C, што је превелика вредност за потребе процеса. Клип мешног вентила може бити у неком од крајњих положаја одређени временски период у специфичним случајевима, а то су првобитно загревање бубња на старту производње и хлађење бубња по завршетку производње.

Постоје три карактеристична режима рада мешног вентила, а то су:

1.Старт производње- Мешни вентил је у крајњем горњем положају. Раздвојени су примарни и

секундарни круг. Термал уље које циркулише кроз бубањ је смањене температуре, око 30°C. Пре наилазка робне траке на бубањ потребно је загрејати уље на жељену температуру 150°C. При томе се део енергије губи, одлазећи у атмосферу. Нема губљења енергије услед проласка робне траке преко бубња.

2. Редован рад- У овом режиму постоје два поремећаја. У оба случаја мешни вентил се налази у средњем положају и намешава уље из котларнице и повратно уље из бубња како би остварио потребну температуру у бубњу. Први поремећај се дешава када робна трака долази први пут до бубња. Тада долази до наглог одношења веће количине топлоте, те вентил мора пропустити више врућег уља из котларнице. Други поремећај се дешава периодично, када долази до промене ширине робне траке. Приликом тога долази до промене количине одношене енергије. Уколико је промена са веће ширине на мању, количина одношене енергије се смањује, док се код промене са мање ширине на већу, та количина повећава. Мешни вентил треба да испрати промене и да променом положаја клипа додаје више или мање врућег уља. На тај начин он одржава жељену температуру и при сваком поремећају.

3. Завршетак производње- Температуру термал уља је потребно смањити на што мању вредност, да не би дошло до даљих губитака енергије; то се може постићи једноставно, подизањем клипа вентила у крајњи горњи положај.

2.2 Линеарни актуатор

Линеарни актуатор *ARI – Premio 2,2.5kN* користи се за отварање/затварање или регулисање положаја вентила. Он претвара ротационо кретање синхроног мотора у праволинијско кретање клипа. Синхронични мотор покреће навојно вретено у једну или другу страну (увлачи га или извлачи). Навојно вретено је повезано са клипом вентила, те се клип креће горе или доле у зависности од смера ротације мотора.

Синхронични, мотор и остале електричне компоненте овог актуатора се налазе испод његовог поклопца и на тај начин су заштићене од спољних утицаја. На штампаној плочи постоје 2 трополна конектора, један на који се доводе сигнали са регулатора и други преко ког се шаљу сигнали ка синхронном мотору. Први трополни конектор има три прикључка на улазном делу, са ознакама 1/N, 11 и 14. Излазни прикључци су одведени на штампану плочу. На штампаној плочи се налазе гранични прекидачи S1 и S2, на које се доводи сигнал са прикључака 11 и 14. Са контаката граничних прекидача се сигнал води на улазне прикључке другог тропинског конектора. Сигнал са контакта прекидача S1 води се на прикључак M_A, а са контакта прекидача S2 на прикључак M_C. Ради лакшег схватања, на слици 10 приказана је електрична шема повезивања.

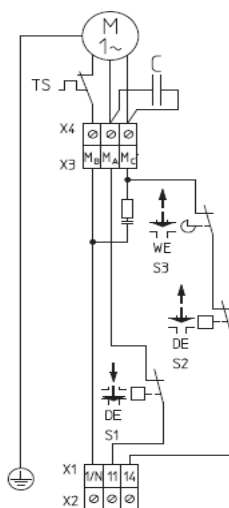
Контакти граничних прекидача су нормално затворени (мирни), што значи да мотор има услов за рад све док полуга не додирне један од граничних прекидача и на тај начин отвори његов контакт. Са прикључка 11, преко прекидача S1, доводи се на

прикључак M_A сигнал мотору за кретање у једну страну. Докле год постоји напон на M_A навојно вретено се извлачи, клип вентила се креће ка доле, односно отвара улаз вентила А ка излазу АБ. У случају да клип дође до крајњег доњег положаја, полука ће додирнути гранични прекидач S1.

Његови контакти ће се раздвојити и на тај начин ће нестати напон на прукључку M_A , те ће се мотор зауставити. Са прикључка 14, преко прекидача S2, на прикључак M_B доводи се сигнал мотору за кретање у супротном смеру. Докле год постоји напон на M_B навојно вретено се увлачи, клип вентила се креће ка горе.

Дешава се супротан процес од претходно објашњеног. Затвара се пут течности од улаза А, а отвара се пут од улаза Б ка излазу АБ.

У случају да клип дође до крајњег горњег положаја, полука ће додирнути гранични прекидач S2 и његови контакти ће се раздвојити. На тај начин ће се прекинути струјни круг на прукључку M_B , па ће се мотор зауставити.



Слика 4. Шема повезивања електричних компоненти актуатора

2.3 Регулатор температуре

Посматрајући објашњени систем, јасно је да мешни вентил мора имати такво управљање да у сваком моменту остварује положај у ком ће намешано уље постићи жељену температуру. Обзиром да постоје губици енергије услед преласка робне траке преко цилиндра за преджелирање, потребно је имати повратну информацију о тренутној температури уља у цилиндру. Та информација се шаље регулатору *OMRON E5EK*.

На основу разлике између задате вредности и повратне информације о стварној вредности температуре, регулатор има задатак да одреди да ли је потребно померити клип мешног вентила горе или доле, односно додати више или мање топлог уља.

У овом случају коришћена је Pt100 температурна сонда. Постављена је на повратном цевоводу. Сигнал са сонде се повезује тројично на улазне прикључке 11, 12 и 13 на регулатору температуре, као што је приказано на слици 5.

Контролни сигнал се шаље регулатору преко два релејна излаза (контролни излаз 1 и 2 на слици 5). Контакти релејних излаза су нормално отворени. Један треба да проводи у случају отварања вентила, а други у случају затварања, што се подешава при параметрирању регулатора у његовом менију. Сигнал са контролног излаза 1 доводи се на тропински конектор актуатора, на прикључак 11 (са слике 4), док се сигнал са контролног излаза 2 доводи на прикључак 14 (са слике 4). Уколико је остварена температура мања од задате, клип вентила би требало да се креће ка доле, и активиран је контролни излаз 1. Ако је остварена температура већа од задате, клип вентила би требало да се креће ка горе и активира се контролни излаз 2.



Слика 5. Повезивање улазних и излазних сигнала регулатора

3. ПАРАМЕТРИ РЕГУЛАТОРА TEMPERATURE ТЕРМАЛ УЉА У ПРОЦЕСУ ПРЕДЖЕЛИРАЊА

Параметри регулатора *OMRON E5EK* су подељени у следећих 9 нивоа (мода): PROTECT MODE, MANUAL MODE, Level 0, Level 1, Level 2, Setup mode, Expansion mode, Option mode, Calibration mode.

Пре свега се подешавају параметри у *Setup* режиму. Тип улазног сигнала је подешен на Pt100, -199.9 – 650.0 °C. Контролни излаз 1 се подешава на функцију *heat* (грејање), контролни излаз 2 на функцију *cool* (хлађење). То значи, да уколико је остварена температура мања од задате, активираће се контролни излаз 1. Актуатор добија услов да покрене клип вентила ка доле и отвори пут врућем уљу из котларнице. У супротном случају активира се контролни излаз 2. Затим се изврши калибрација улазног сигнала у *Calibration* режиму подешавања.

Auto-tuning, тј. аутоматско тражење параметара PID регулатора није могуће јер га је потребно покренути у току редовне производње, што би довело до велике количине шкарт производа и није исплатљиво. Стога, параметри су искуствено подешавани. Вредности параметара су: P=20, I=233 и D=45.

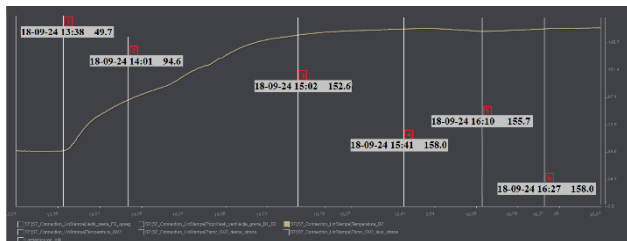
4. ЗАКЉУЧАК

Параметри регулатора су усклађени према најкритичнијем случају за регулацију, а то је редован рад производње. То је најкритичнији случај у смислу, да је тада најбитније да температура термал уља не одступа од задате вредности ни приликом промене типа или ширине производа, ни приликом производње истог производа.

По старту загревања, потребно је да термал уље достигне жељену температуру од 158°C, без

оптерећења, односно без одношења топлоте са површине цилиндра за преджелирање. Приликом почетка загревања уља, нагло се отвори пут врелом уљу из котларнице што се манифестује наглим порастом температура до неке вредности. Када температура достигне око 90°C, обзиром да је разлика између задате и остварене вредности мања него у старту, регулатор шаље актуатору информацију да прави мање помераје. Последица тога је одзив температуре са блажим одзивом (на слици 6 део карактеристике између 2 и 4). У тачки 4, температура је постигла стационарну вредност. Може се приметити да је одзив аperiодичан и да загревање уља траје око 60min што је сасвим прихватљиво време.

Први поремећај се дешава када робна трака први пут дође до цилиндра. На слици 6, бројем 6 је означен пад температуре приликом наиласка робне траке ширине 2,5m. Због наглог одношења топлоте, температура опадне за 3°C. Након врло кратког времена, благим повећањем протока врелог уља, поново се постиже жељена температура од 158°C. Одзив је брз и аperiодичан и оваква осцилација не утиче на квалитет производа.



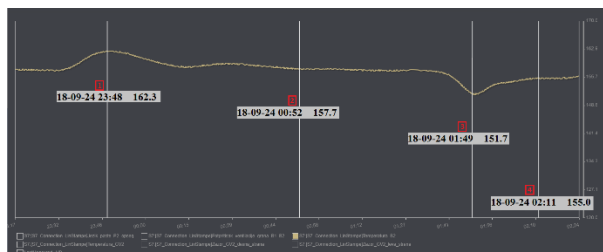
Слика 6. Одзив температуре: 1-4. Приликом првобитног загревања, 5-6. Приликом првог наиласка робне траке по старту производње

Други поремећај се дешава приликом промене ширине робне траке са веће на мању или обрнуто, што је и приказано на слици 7. Најпре се дешава промена ширине са 3,5m на 2,5m. Смањује се количина енергије која се односи са површине бубња, те температура на повратном воду постаје већа. Регулатор шаље актуатору информацију да смањи доток врућег уља из котларнице.

Највећа вредност температуре које уље има приликом овог поремећаја износи 162,3 степена, што се може видети са слике 7, означено бројем 1. Температура је већа од задате свега пар минута и има мањеод једне периоде осцилације. Друга полупериода има знатно мању амплитуду од прве, што показује добру стабилност система регулације. На слици 7, означено бројем 2, види се да је температура поново постигла задату температуру (157,7°C). Овакав одзив при промени ширине не представља претњу квалитету производа.

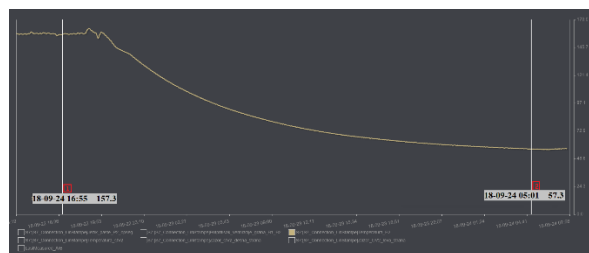
У другом делу графика може се видети промена температуре приликом наиласка производа веће ширине, при чему је промењена и задата температура са 158°C на 155°C.

Робна трака при томе повећава количину енергије коју односи са собом, па сонда на повратном воду детектује мању температуру од 151,7°C. Регулатор шаље сигнал актуатору да повећа доток врућег термал уља. Неколико минута касније температура достиже 155°C што се може видети на слици 7, означено бројем 4. Достицање жељене вредности траје кратко и одзив је готово аperiодичан чему се и тежи. Оваквим одзивом температуре не угрожава се квалитет готовог производа.



Слика 7. Одзив температуре приликом промене ширине производа

На слици 8 се може видети одзив температуре по завршетку производње, када се зада температура од 0°C. Тада вентил затвара доток врелог уља из котларнице, односно потпуно раздваја примарни и секундарни круг циркулације. Температура уља које кружи кроз бубањ полако опада. Тај процес је као што се може видети доста спорији, али то није од великог значаја.



Слика 8. Одзив температуре приликом завршетка производње

5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Др Филип Кулић дипл.инж.ел., Драган Матић дипл.инж.ел., др Веран Васић дипл.инж.ел., мр Ђура Орос, *Подешавање параметара PI регулатора температуре апсорционог уља у погону екстракције у процесу производње биљних уља*, Факултет техничких наука, 21000 Нови Сад, Трг Доситеја Обрадовића 6.
- [2] „Operating and Installation Instructions Thrust actuator ARI-PREMIO“, 2008, доступно на: http://www.ari-armaturen.com/_appl/files_tb/files/0040501000-2.pdf
- [3] „E5EK Digital Controller User's Manual“, 2018, доступно на: https://www.fa.omron.com.cn/data_pdf/closed/mnu/h085-e1-03_e5ek_discon.pdf?id=1436