

아크로 긴급시 부하차단 적용성 검토

박현택*, 김재철*, 임상국**, 허동렬***
 송실대학교*, 에너지관리공단** 뉴그린테크***

A Study on application of load cutting in emergency

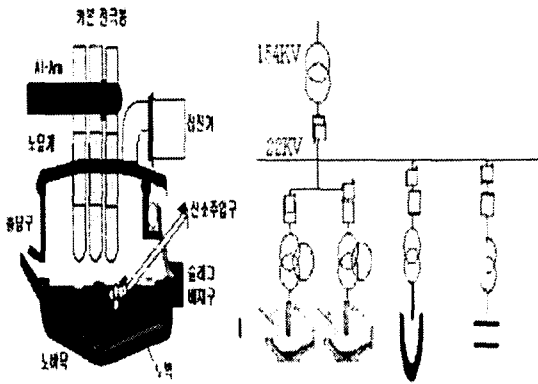
Hyun-taek Park*, Jae-chul Kim*, Sang-gug Im, Dong-Ryol Hur***
 Soongsil University*, KEMCO**, New-Green Tech***

Abstract - Arc-furnace facilities consume 9,895,165[MWh] which is about 69.6 percent of electronic furnace power consumption, and interior of a country demand power have increased annual. but because of the problem of cost, power plant location, and environment have faced difficulty to electric power supply. In this paper, Examining Load cutting of Arc-furnace that is dominating high weight of industry electric power use, and it is expected to solve easily electric power supply and demand problem by highest priority load cutting examination of Arc-furnace when electric power supply and demand problem happens to area electric power system when is urgent.

1. 서 론

국내에서 소비되고 있는 전력의 49.3%가 제조업 분야에서 소비되고 있음이 조사되고 있고 제조업 분야에서도 전기로 업체가 상당부분 전력소비를 담당하고 있다. 지역별 아크로 업체의 전력소비량을 보면 경북지역과 경인지역의 아크로의 전력사용이 가장 많은 것을 알 수 있다. [1],[2]

또한 우리나라의 전력계통은 발전력과 부하의 편중현상이 심하여 남부지역에는 선로안전성 운영제약에 따라 선로의 총 용량을 모두 사용할 수 없어 값싼 발전력이 아무리 많더라도 발전할 수가 없다. 따라서 발전력이 많은 곳에서는 최대로 발전을 할 수가 없게 되어 이쪽 부분은 비상시 차단 가능한 부하가 있더라도 이를 차단하는 것은 계통 입장에서는 아무런 이득이 없다. 따라서 비상시 경인지역의 부하를 차단하는 것이 가장 효과적인 방법중의 하나이다. [8]



[그림 1] 아크로 구성과 설비 계통도

아크로는 단시간내 차단 가능하고 기회손실 비용이 비

교적 적으므로 전력계통에 전력수급문제 발생시 아크로의 최우선 차단시 수급문제를 쉽게 해결할 수 있을 것으로 기대된다. 이는 다른 전력사용 설비 보다 아크로 1대가 가지는 전력설비 용량이 매우 크기 때문에 과급효과 또한 크게 확산된다.[10]

따라서 본 논문에서는 아크로의 공정을 고려하여 비상시 아크로의 부하차단 가능성을 검토하였다.

2. 본 론

2.1 아크로 조업 분석

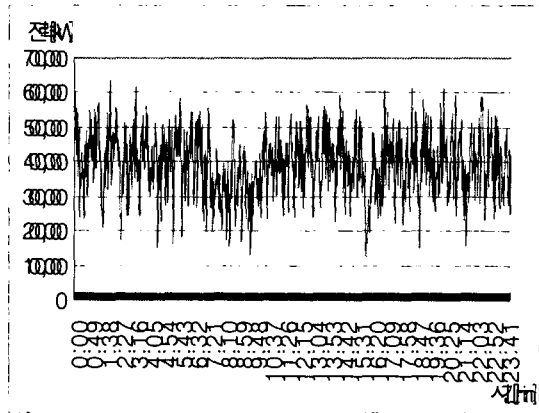
아크로 조업에서 고철의 장입 방법은 제일 먼저 비중이 낮은 고철을 쌓고 그 위에 비중이 높은 고철을 쌓고 다시 비중이 낮은 고철을 쌓는다. 이렇게 하는 이유는 고철장입의 최상부는 전극봉과 부딪칠 우려가 있으므로 전극봉을 보호하기 위함이고 최하부에 비중이 낮은 고철을 쌓은 이유는 고철의 용해에 따라 고철이 붕락하게 되는데 따른 충격으로부터 바닥 내화물 또는 전극봉을 보호하기 위함이다.

고철 장입 후 전극봉을 하강시켜 저전압 소전류의 적은 전력을 투입하여 아크를 발생시키고 고철에 보링홀(Bolling Holl)을 만든다. 전극봉이 바닥에 근접하게 되면 고전압 고전류의 대전력의 투입을 증대시켜 용해 속도를 높인다. 이때는 극심한 고철의 붕락이 발생하며 전압 플리커가 커지게 된다. 고철 용해를 돕고 전극봉의 손상을 방지하고 전력원단위를 낮추기 위하여 고순도의 산소를 투입하여 고철의 질량을 실시한다. 산소의 투입량 및 방법은 전력원단위에 큰 영향을 미친다.

	아크로 공정				출강	LF공정	
원료투입	고철 투입	산소 투입	고철 생성	산소 투입	Fe-Si, Si-Mn, Fe-Mn	생석회 형식, Si-Mn	
시기	보수 2~3	장입 2~3	용해 30~40분	산화 10~12분	제제 2~3	출강 3~5	환원 30~40분
전력패턴							
조업경과	비 너 가 동 시 간 단 위 장 입	용 전 소 속 도 가 상 가 는 단 위 장 입	용 은 소 속 도 가 상 가 는 단 위 장 입	용 은 소 속 도 가 상 가 는 단 위 장 입	합 금 성 분 조 정 단 위 장 입	합 금 성 분 조 정 단 위 장 입	합 금 성 분 조 정 단 위 장 입

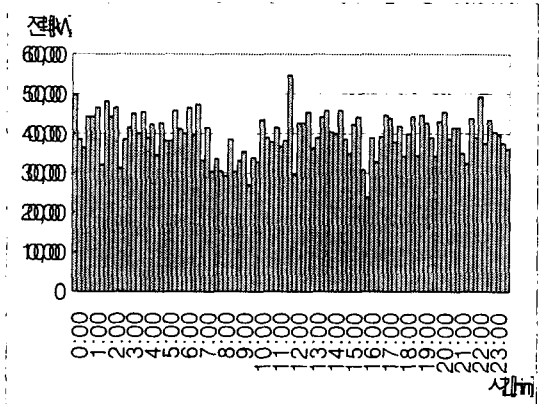
[그림 2] 아크로 조업 공정

고철이 용해되어 80%정도가 녹아서 바닥에 괴이면 2차로 고철을 장입한다. 2차 작업이 끝나면 승열 작업에 들어간다. 이때는 저전압 고전력의 전력을 투입하며 탈탄과 승운을 병행한다. 탈탄작업은 탄소 등의 가탄제를 전기로내 투입하여 용강 중 불순물을 제거하며 탄소의 산화열을 이용하는 작업이다. 고압강 제강의 경우 아크로에서 용해만 수행하고 별도의 정련로에서 승운과 크롬, 니켈등 부원료를 투입하여 용강의 성분을 조절하기도 한다. 아크로에서 최종 제품을 만드는 연주공정에 보내는 용강의 온도는 통상 1600℃이다. 특수강의 경우 아크로에서 용해만 담당하고 연주공정에 보내는 온도는 정련로에서 조절하기도 한다. 제강이 끝난 쇳물은 래들에 실려 연주공정으로 보내어 형강 또는 철근 등을 제조하게 된다.



[그림 3] 아크로 순시전력

그림3은 실측된 아크로의 1일 사용전력이다. 그림4는 실측된 아크로의 1일 사용전력을 Demand패턴으로 나타낸 그래프이다. 그림에서 알수 있듯이 아크로의 전력사용량이 상당히 커서 긴급시 수분에서 수십분가량의 부하차단시 기대대는 효과 또한 상당히 크다. 하지만 아크로의 부하차단시 후 공정을 고려하여 생산량의 피해를 최소화해야 한다.



[그림 4] 아크로 15분 Demand패턴

고철의 장입 패턴은 일반적으로 전기로 설비 계획 및 메이커의 설비 공급 시 권고되는 표준안이 있으며 가장 경제적이라는 2회 기준으로 제공된다. 그러나 장기 사용에 따른 설비 노후화 및 가동 설비의 생산성 증대 등의 목적으로 장입 패턴을 변경한다. 고철의 장입 주기는 일반적으로 고철 성분에 가장 큰 영향을 받는다. 즉 고철

의 걸보기 비중이 낮으면 부피가 커지므로 장입 횟수를 증가시켜 주어야 한다. 또 설비의 장기사용으로 부대 설비는 노후화되었으나 출강량을 높이기 위하여 전기로 자체만 개조한 경우 예를 들어 크레인 용량, 버켓 용량 등 부대 설비의 용량이 따라주지 못하는 경우 고철을 3회 장입하기도 한다. [4]

아크로의 장입 횟수의 증가는 전기로 뚜껑의 개폐에 따른 열손실이 발생하며 전력원단위가 저하한다. 일반적으로 1회 개폐 시 약 3분 소요하며 복사열 손실은 3[kWh/톤]으로 알려져 있다. 국내 최대 전기로 업체에서는 3회 장입 조업을 하고 있으며 이때 장입 주기는 10분간 용해 후 3분 휴지 기간 중 장입을 하고 용해 끝나면 15~20분간 정련 작업을 한다. 1 Heat 주기는 45분~55분 소요되며 평균 50분이다.[10]

2.2 아크로 전원 공급방식

아크로에 공급하는 전원 시스템은 크게 노용 변압기용 공급 전원과 제어 전원으로 구분된다. 노용변압기의 전원 차단 시 용해가 중단되며 제어시스템에 의해 전극봉은 상승한다. 제어 전원의 차단 시 설비 보호를 위하여 노용변압기의 전원이 차단되며 전극봉은 상승한다. 교류 아크로는 노용변압기와 전극봉 제어시스템으로 전원 회로가 구성되며 전극봉 구동회로는 대형 아크로의 경우 유압시스템이 사용되며 소형 아크로는 전동기로 구동한다. 직류아크로는 노용변압기 및 전극봉 제어시스템이외에 교류를 직류로 바꾸는 변환장치가 추가된다. 반면에 전극봉은 교류아크로의 3개에 비해 1개만 있으며 전기로 바닥에 양극(+)전극봉이 설치된다. 정비 측면에서는 교류아크로가 설비가 단순하여 정비 측면에서 유리하며 직류아크로는 직류 변환 장치 및 로저 전극봉의 보수가 까다롭다. 교류아크로의 경우 전극봉의 승강에 의해 투입 전력을 조절하므로 전압 플리커가 많이 발생하는 반면 직류아크로는 반도체소자인 싸이리스터의 점화각을 제어하여 투입 전력을 조절한다.

아크로의 전원 공급 방식 선정은 주로 생산성 관점에서 결정한다. 즉 최근의 아크로는 대용량화 하고 있으며 이를 위하여 직류아크로 방식을 채용한다. 교류 아크로의 변압기는 일반적으로 75[MVA]이하이며 직류아크로의 변압기 용량은 최대 140[MVA]이다.

2.3 지역별 아크로 분포현황

[표 1] 지역별 아크로 분포 현황

구분	아크로업체		설비대수		설비용량		아크로 연간전력사용량	
	업체수	구성비 [%]	대수	구성비 [%]	용량 [MW]	구성비 [%]	사용량 [MWh]	구성비 [%]
경기	2	9.1	11	20.7	621	25.4	2,773,696	28.0
강원	2	9.1	8	15.1	45	1.8	444,199	4.5
충청	2	9.1	3	5.7	349	14.3	734,093	7.4
경상	12	54.5	23	43.4	1,198	49.0	4,569,455	46.2
전라	4	18.2	8	15.1	232	9.5	1,373,722	13.9
합계	22	100.0	53	100.0	2,445	100.0	9,895,165	100.0

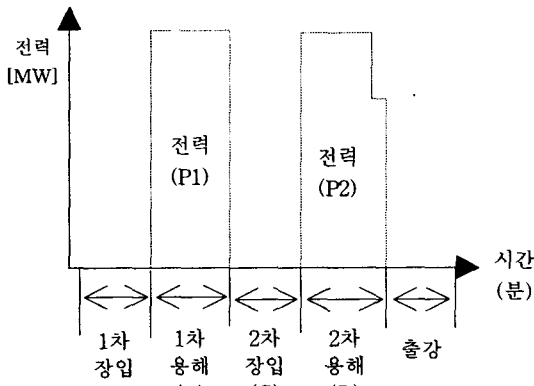
국내 산업용 전기로 중에서 아크로의 분포현황을 살펴

보면, 경상지역에 가장 많은 12개 업체가 존재하고 있으며, 설비대수로도 가장 많은 23대가 분포하고 있다. 이는 경상지역에서 포항, 울산, 마산 및 창원 지역에 있는 산업공단을 위주로 분포하고 있었다. 아크로 사용전력 면에서도 전체 아크로 사용전력에 비해서 46.2%의 높은 비중을 차지하고 있었다. 설비대수 면에서 다음으로 많은 분포를 보이고 있는 지역은 경기지역으로 주로 인천 지역에서 분포하고 있으며 전기로 사용전력이 28.0%의 비중을 차지하고 있다. [3]

2.4 아크로 부하차단 가능성 검토

아크로 업체의 부하관리 방법에서 아크로 생산차질을 최소화시킬수 있는 방법을 찾기에 적합하기 때문에 아크로의 부하차단 가능성 검토를 위해서는 아크로 업체에서 실시하고 있는 부하관리 방법으로 부터의 접근이 필요하다.

아크로 업체 대부분은 부하관리 측면에서 아크로를 이용하여 디맨드 컨트롤(demand control)을 하고 있다. 디맨드 컨트롤의 방법은 조업 중 전력 공급량을 줄이거나 일시적인 휴지 상태로 전력의 peak cutting을 실시한다. 전력량을 줄이는 방법으로 교류아크로인 경우 노용변압기로 탭(Tap)을 조정하여 전압을 낮추어 일시적으로 투입 전력을 줄이고, 직류아크로인 경우 반도체소자인 싸이리스터의 점호각을 조절하여 투입 전력을 낮춘다. 일시적인 휴지의 경우 용강의 열손실 및 연주 공정의 끊김을 막기 위하여 2~3분간의 일시적으로 전원 공급을 중단한다. 아크로가 2대 이상인 경우 아크로의 장입 시점을 서로 엇갈리게 하여 전력 Peak발생을 억제한다.[14]



[그림 5] 아크로 조업 패턴

아크로의 용해 작업 중 전원이 차단되면 고철의 용융 금속은 전기로 내에서 굳게 된다. 일반적으로 2시간 정도 전원 공급이 되지 못하면 표면 응고 상태가 되고 전원 재개하면 쉽게 정상 조업이 가능하다. 만일 용강이 완전히 굳게 되면 재 용해 하는데 2회 ~3회의 용해 작업으로 최소 2시간이상 소요된다. 아크로(EAF)가 아닌 정련로(LF)라면 응고되면 재차 용해 하려해도 래들 바닥에 있는 bottom bubbling hole 막힘이 발생하여 용해중교반을 할 수 없으므로 응고 이전 (최대 3시간) 이내에 타 공정으로 이동하거나 폐기 처리하여야 한다.

부하관리에 의한 생산성 저하 및 기회 손실 측면에서 아크로는 대표적인 에너지 다소비 설비로서 단위 생산량당 부가가치가 낮다. 또한 전력비는 전체 원료비의 70%를 차지하므로 업체는 가능한 값싼 전력을 사용하려고 노력한다. 아크로의 보수는 1년 중 전력이 가장 비싼 하절기에 실시하며, 일과 중에는 주간 시간대에 실시한다. 또한 심야 시간에 가동률을 최대화하여 전력 비용을 최

소화한다. [7]

이러한 아크로 가동 특성으로 아크로가 몰려있는 지역은 심야 시간대에 소비전력이 증대되어 전원 계통에 전압 강하가 발생할 가능성이 높다.

4. 결 론

본 논문에서는 아크로의 조업 방법 및 부하차단 적용 가능성에 대하여 검토하였다. 또한 아크로의 긴급시 부하차단 가능성을 제시하였다. 일반적으로 아크로의 부하차단시 생산성 피해가 최소화될 수 있도록 위해서는 3~5분의 부하차단이 적당 시간으로 검토되었으며 또한 전력 비상시 부하차단인 경우 아크로 공정의 산소 투입량 및 탄소 투입량을 증가시켜 일정량의 부하 삭감이 가능하다고 검토되었다.

앞으로 추가적인 연구에서 정확한 부하삭감량과 차단가능 시간을 산출 및 부하차단시 보상에 대한 명확한 비용 산출 또한 앞으로해야 할 것으로 사료된다. 본 논문을 바탕으로 아크로의 부하차단 가능성을 확인 하였으며 나아가 아크로의 수요관리 가능성의 기본 자료로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구는 산업자원부 지원에 의하여 기초전력연구원(R-2003-B-474) 주관으로 수행된 과제임.

[참 고 문 헌]

- [1]"2002년도 에너지총조사 보고서" 에너지경제연구원, 산업자원부, 2003.6
- [2]"전기수요관리진단 종합보고서" 에너지관리공단 한국전력공사, 2002.1
- [3]"2002 열처리로 & 공업로총람", 공업로협회, 2002.9
- [4]"공업로 & 유도로의 응용과 활용기술", 공업로협회, 1999.9
- [5]"직접부하제어 사업활성화를 위한 적정 지원금 산정방안 연구" 건국대학교, 에너지관리공단, 2002.1
- [6] 한국전력공사, 전력수요관리 이론과 실무, 2002.11
- [7]"2002년도 전력수요관리사업 수행결과 보고서(I)" 한국전력공사, 산업자원부, 2003.1
- [8]한국철강협회, 2000년도 철강생산능력, 2001.3
- [9]직접부하제어의 효율적 활성화 방안, 에너지관리공단
- [10]"산업용 전기로가 전력계통에 미치는 영향" 보고서, 에너지관리공단, 2003
- [11]"생산과 전기", 일본 월간지 2002.3 각 월호
- [12]"2000년도 철강 생산 능력", 한국철강협회, 2001.3
- [13]"산업용 전기로가 전력계통에 미치는 영향" 에너지관리공단, 2003
- [14]"전기로에서 발열반응을 이용한 에너지 절감 방안" 금속제련학술회의, 1995
- [15]"전기로의 특수강 생산성 향상 기술" 재료마당, 제 13권 3호, 2000.6
- [16]"전기협회보" 일존 전기협회 2002, 3 각 월호